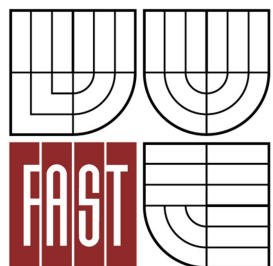




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ  
ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ KRAJINY

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING  
INSTITUTE OF LANDSCAPE WATER MANAGEMENT

## POSOUZENÍ ÚČINNOSTI REALIZOVANÝCH PRVKŮ PLÁNU SPOLEČNÝCH ZAŘÍZENÍ KPÚ HAŤ A DARKOVICE

THE ASSESSMENT OF EFFICIENCY OF THE SYSTEM COMMON FACILITIES IN HAŤ AND  
DARKOVICE CADASTRAL AREAS

DIPLOMOVÁ PRÁCE  
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

Bc. ANETA ŽABENSKÁ

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

doc. Ing. MIROSLAV DUMBROVSKÝ, CSc.

BRNO 2012



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

<b>Studijní program</b>	N3607 Stavební inženýrství
<b>Typ studijního programu</b>	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
<b>Studijní obor</b>	3607T027 Vodní hospodářství a vodní stavby
<b>Pracoviště</b>	Ústav vodního hospodářství krajiny

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

<b>Diplomant</b>	Bc. Aneta Žabenská
<b>Název</b>	Posouzení účinnosti realizovaných prvků plánu společných zařízení KPÚ Hať a Darkovice
<b>Vedoucí diplomové práce</b>	doc. Ing. Miroslav Dumbrovský, CSc.
<b>Datum zadání diplomové práce</b>	31. 3. 2011
<b>Datum odevzdání diplomové práce</b>	13. 1. 2012

V Brně dne 31. 3. 2011

.....  
prof. Ing. Miloš Starý, CSc.  
Vedoucí ústavu

.....  
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc.  
Děkan Fakulty stavební VUT



## **Podklady a literatura**

1. Holý M, a kol - Eroze a životní prostředí, ČVUT Praha 1998
2. Metodika: Ochrana zemědělské půdy před erozí VÚMOP Praha 2007.
3. Hrádek F, - Implementace hydrologického modelu DeSQ, ČZU Praha 1997
4. Dumbrovský M , - Mezera J, Střítecký L.: Metodický návod pro projektování pozemkových úprav, metodika ČMKPÚ 2003

## **Zásady pro vypracování**

V zadaných katastrálních územích proveďte vyhodnocení protierozní a protipovodňové ochrany navržené v rámci plánu společných zařízení KPÚ v k.ú. Hať a Darkovice. Pro vyhodnocení použijte komplex hydrologických nástrojů ArcGis.

## **Předepsané přílohy**

Technická zpráva

Grafické přílohy

Licenční smlouva o zveřejňování vysokoškolských kvalifikačních prací

.....  
doc. Ing. Miroslav Dumbrovský, CSc.  
Vedoucí diplomové práce

## **Abstrakt**

Cílem diplomové práce bylo posouzení účinnosti realizovaných prvků plánu společných zařízení komplexní pozemkové úpravy v katastrálních územích Hat' a Darkovice. V programu Atlas DMT byl vytvořen digitální model terénu, na základě kterého byl s pomocí nástrojů ArcGis stanoven průměrný erozní smyv na jednotlivých subpovodích před a po návrhu. Stanovena byla také účinnost navržených suchých ochranných nádrží. Součástí práce je návrh alternativního řešení protierozní a protipovodňové ochrany.

## **Abstract**

The target of the diploma thesis was the assessment of efficiency of the system of common facilities in Hat' and Darkovice cadastral areas. Digital model of elevation was made by software Atlas DMT. Average soil loss by soil erosion of given subbasins was evaluated by ArcGis tools before and after the design of conservation measures. Polder's efficiency was evaluated also. Another part of thesis offers alternative design of erosion and flood control.

## **Klíčová slova**

půdní eroze, erozní smyv, plán společných zařízení, komplexní pozemkové úpravy, protierozní ochrana, protipovodňová ochrana, suchá ochranná nádrž (polder), srážkový úhrn, povodňový hydrogram, povodňová vlna, využití území, zemní hráz

## **Keywords**

soil erosion, soil loss, system of common facilities, land consolidation, soil erosion control, flood control, polder, rainfall amount, flood hydrograph (wave), land use, earthfill dam

## **Bibliografická citace VŠKP**

ŽABENSKÁ, Aneta. *Posouzení účinnosti realizovaných prvků plánu společných zařízení KPÚ Hať a Darkovice*. Brno, 2012. 92 s., 11 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství krajiny. Vedoucí práce doc. Ing. Miroslav Dumbrovský, CSc..

# PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI VŠKP

## **Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracovala samostatně, a že jsem uvedla všechny použité, informační zdroje.

V Brně dne 3.1.2012

.....  
podpis autora

## Obsah

<b>1</b>	<b>ÚVOD .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>CÍLE PRÁCE.....</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>PROTIPOVODŇOVÁ A PROTIEROZNÍ OCHRANA KRAJINY .....</b>	<b>2</b>
<b>4</b>	<b>PŘÍRODNÍ POMĚRY ÚZEMÍ.....</b>	<b>5</b>
4.1	Popis území.....	5
4.2	Geografický popis území .....	7
4.3	Klimatické poměry .....	7
4.4	Hydrologické poměry .....	10
4.5	Morfologické poměry území .....	12
4.6	Geologický popis území .....	14
4.7	Pedologické poměry .....	15
4.8	Krajinný pokryv území .....	17
4.9	Erozní poměry při současném využití území.....	18
<b>5</b>	<b>POUŽITÉ METODY .....</b>	<b>19</b>
5.1	Univerzální rovnice USLE dle Wischmeiera a Smithe.....	19
5.1.1	Faktor erozní účinnosti přívalového deště (R) .....	21
5.1.2	Faktor erodovatelnosti půdy (K) .....	21
5.1.3	Faktory délky a sklonu svahu (L, S).....	22
5.1.4	Faktor ochranného vlivu vegetace (C).....	23
5.1.5	Faktor účinnosti protierozních opatření (P).....	23
5.2	Metoda čísel odtokových křivek CN .....	24
5.2.1	Metoda čísel odtokových křivek CN v modifikaci modelu DesQ .....	25
5.3	Metodika výpočtu modelu DesQ – verze 4.1.....	26
5.3.1	Maximální odtok ze svahu.....	26
5.3.2	Maximální odtok z povodí.....	32
5.4	Stanovení objemu ochranného prostoru nádrže $V_r$ .....	33
<b>6</b>	<b>vyhodnocení stávajících protierozních a protipovodňových opatření .....</b>	<b>35</b>
6.1	Přehled stávajících VH opatření .....	35
6.1.1	Poldry Hať .....	36
6.1.2	Poldry Darkovice .....	37
6.2	Popis a vyhodnocení technických parametrů stávajících opatření .....	39
6.2.1	Vodohospodářská opatření .....	39
6.2.2	Opatření proti vodní erozi .....	42
6.3	Fotodokumentace .....	43
6.4	Vyhodnocení účinnosti realizovaných opatření.....	50
6.4.1	Vodohospodářská opatření .....	50
6.4.2	Protierozní opatření organizační a agrotechnická .....	55
<b>7</b>	<b>VLASTNÍ NÁVRHY .....</b>	<b>56</b>
7.1	Návrh AZ .....	57
7.1.1	Protierozní agrotechnická a organizační opatření .....	57
7.1.2	Protierozní biotechnická opatření .....	58
7.1.3	Vodohospodářská opatření – suché ochranné nádrže.....	61
7.2	Optimální návrh .....	70
7.2.1	Protierozní agrotechnická a organizační opatření .....	70
7.2.2	Protierozní biotechnická opatření .....	72
7.3	Návrh vyhovující standardům GAEC .....	74
7.3.1	Vlastní návrh protierozních agrotechnických opatření.....	76
<b>8</b>	<b>ANALÝZY A VÝSLEDKY .....</b>	<b>78</b>
8.1	Stanovení kritických profilů .....	78

8.2	Erozní ohroženost zájmového území.....	78
8.3	Rozbor odtokových poměrů.....	81
8.3.1	Hydrogramy povodní v kritických subpovodích.....	81
<b>9</b>	<b>DISKUZE .....</b>	<b>88</b>
<b>10</b>	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>92</b>

## Seznam tabulek

Tab. 1	Odtokové poměry při současném využití území	11
Tab. 2	Krajinný pokryv	17
Tab. 3	Přípustná ztráta půdy erozí podle hloubky půdy [15]	20
Tab. 4	Rozdělení R faktoru do měsíců vegetačního období [15]	21
Tab. 5	Kulminační průtoky a objemy povodňových vln v uzávěrových profilech perimetrů jednotlivých nádrží před návrhem ostatních opatření	35
Tab. 6	Technické a hydrologické parametry poldru p6	36
Tab. 7	Technické a hydrologické parametry poldru N5	37
Tab. 8	Technické a hydrologické parametry poldru N6	38
Tab. 9	Poldr p6 – objemový ukazatel	50
Tab. 10	Poldr p6 – srovnání vypočtených a deklarovaných dat	51
Tab. 11	Poldry N5 a N6 – objemový ukazatel	52
Tab. 12	Poldry N5 a N6 – srovnání vypočtených a deklarovaných dat	52
Tab. 13	Snížení erozního smyvu v důsledku navržených opatření	55
Tab. 14	Navržená PE organizační a agrotechnická opatření	57
Tab. 15	Navržená PE biotechnická opatření	58
Tab. 16	Snížení erozního smyvu v důsledku návrhu AZ	60
Tab. 17	Kulminační průtoky a objemy povodňových vln v uzávěrových profilech perimetrů jednotlivých poldrů	61
Tab. 18	Technické a hydrologické parametry poldru PO4	62
Tab. 19	Technické a hydrologické parametry poldru PO5	63
Tab. 20	Technické a hydrologické parametry poldru PO7	64
Tab. 21	Technické a hydrologické parametry poldru PO8	65
Tab. 22	Technické a hydrologické parametry poldru PO11	66
Tab. 23	Navržená PE organizační a agrotechnická opatření	71
Tab. 24	Biotechnická PEO	72
Tab. 25	Snížení erozního smyvu pod přípustnou mez v důsledku navržených opatření	73
Tab. 26	Erozní ohroženost zemědělských půd	74
Tab. 27	Snížení erozního smyvu v důsledku opatření „GAEC“	77
Tab. 28	Průměrný roční erozní smyv G pro $R = 40 \text{ MJ} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$	79
Tab. 29	Průměrný roční erozní smyv G pro $R = 20 \text{ MJ} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$	80
Tab. 30	Průměrný roční erozní smyv G pro $R = 10,6 \text{ MJ} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$	80
Tab. 31	Kulminační průtoky a objemy stoletých povodní v kritických subpovodích	81
Tab. 32	Srovnání erozních poměrů před a po návrzích	89
Tab. 33	Srovnání odtokových poměrů před a po návrzích	89

## Seznam obrázků

Obr. 1 Zájmové území v rámci ČR [3]	6
Obr. 2 Přehledná mapa zájmového území [4]	6
Obr. 3 Satelitní snímek zájmového území [3]	7
Obr. 4 Mapa klimatických oblastí dle Quitta [6]	8
Obr. 5 Mapa průměrných ročních teplot ČR [6]	8
Obr. 6 Mapa průměrných ročních srážkových úhrnů ČR [6]	9
Obr. 7 Mapa průměrné rychlosti větru v 10 m [7]	9
Obr. 8 Hydrologické poměry zájmového území	10
Obr. 9 Akumulace povrchového odtoku	11
Obr. 10 Geomorfologické členění ČR [9]	12
Obr. 11 Reliéf terénu	12
Obr. 12 Hypsometrie	13
Obr. 13 Sklonitostní poměry	13
Obr. 14 Geologická mapa území [5]	14
Obr. 15 Mapa hlavních půdních jednotek	16
Obr. 16 Mapa hydrologických skupin půd	16
Obr. 17 Mapa krajinného pokryvu	17
Obr. 18 Průměrný roční erozní smyv při současném využití území	18
Obr. 19 Přípustná ztráta půdy vodní erozí v závislosti na hloubce půdního profilu	18
Obr. 20 Řešení maximální intenzity odtoku ze svahu - VARIANTA S1	31
Obr. 21 Odvození výpočtové doby trvání deště $t_d$ pro modelové povodí	32
Obr. 22 Transformační účinek izolované nádrže [18]	34
Obr. 23 Účinnost retenčních prostorů [18]	34
Obr. 24 Suchá nádrž N5, Darkovice	43
Obr. 25 Odpadní koryto z N5	43
Obr. 26 Suchá nádrž N6, Darkovice	44
Obr. 27 Nouzový bezpečnostní přeliv N6	44
Obr. 28 Napojení odpadních koryt z poldrů N5 a N6 do svodného příkopu V11	45
Obr. 29 Svodný příkop V11, Darkovice	45
Obr. 30 Vtok V11 do kanalizace DN 800	46
Obr. 31 Umístění poldrů Darkovice	46
Obr. 32 Nádrž nad koupalištěm, kritické subpovodí 2, Darkovice	47
Obr. 33 Nádrž u koupaliště, kritické subpovodí 2, Darkovice	47
Obr. 34 Suchá nádrž p6, Hať lokalita U Mareše	48
Obr. 35 Obdělávání po spádnici, Hať	48
Obr. 36 Provizorní ohrázení koňského výběhu, kritické subpovodí 11, Hať	49
Obr. 37 Kukuřice, kritické subpovodí 7, Hať lokalita za p.Otavovou	49
Obr. 38 Protierozní mez - vzorový příčný řez	59
Obr. 39 Vsakovací průleh - vzorový příčný řez	59
Obr. 40 Průměrná roční ztráta půdy erozí po návrhu AZ	60
Obr. 42 Vzorový příčný řez hrází [19]	67
Obr. 43 Snížení erozního smyvu v důsledku navržených opatření	73
Obr. 44 Snížení ztráty půdy erozí v důsledku navržených opatření „GAEC“	77

# 1 ÚVOD

Náplní diplomové práce je vyhodnocení účinnosti opatření, navržených v rámci plánu společných zařízení komplexní pozemkové úpravy na katastrálních územích obcí Darkovice a Hať. S pomocí nástrojů ArcGis byl stanoven průměrný roční erozní smyv na jednotlivých subpovodích před návrhem a po návrhu. Rovněž byla vyhodnocena účinnost navržených poldrů. U všech realizovaných nádrží byl stanoven objemový ukazatel. Součástí diplomové práce jsou celkem tři alternativní návrhy autora. Návrhy se snaží řešit problémy území třemi různými způsoby s ohledem na zájmy zemědělců, ideální výsledky prezentované přípustnými erozními smyvy a standardy GAEC (podmínky dobrého zemědělského a environmentálního stavu).

Pozemkové úpravy jako organizaci půdního fondu si vynucují politické poměry a ekonomická úroveň společnosti. První historické zmínky o takovéto činnosti nacházíme již ve starověké literatuře. Důsledkem původního osídlování krajiny je neupravenost pozemkové držby, která je charakterizována zejména rozptýleností pozemků, jejich nevhodným tvarem, nepřístupností a nepravidelnými tvary katastrálních hranic. Předmětem současných pozemkových úprav jsou všechny pozemky v obvodu pozemkové úpravy bez ohledu na dosavadní způsob využívání a existující vlastnické vztahy k nim. Pozemkovými úpravami se ve veřejném zájmu prostorově a funkčně uspořádávají pozemky. Pozemky se scelují nebo dělí a zabezpečuje se jejich přístupnost a využití. Je zapotřebí vyrovnání jejich hranic tak, aby se vytvořily podmínky pro racionální hospodaření vlastníků půdy. V těchto souvislostech se k nim uspořádávají vlastnická práva a s nimi související věcná břemena. Současně se jimi zajišťují podmínky pro zlepšení životního prostředí, ochranu a zúrodnění půdního fondu, vodní hospodářství a zvýšení ekologické stability krajiny. Výsledky pozemkových úprav dále slouží pro obnovu katastrálního operátu a jako závazný podklad pro územní plánování. Pokud se nejedná pouze o lokální problém, jsou pozemkové úpravy zpravidla prováděny formou komplexních pozemkových úprav. Součástí každé komplexní pozemkové úpravy je návrh plánu společných zařízení. Ten obsahuje především návrh nové cestní sítě, protierozních a protipovodňových opatření spolu s návrhem prvků územního systému ekologické stability. Diplomová práce se zabývá významnou částí plánu společných zařízení a to opatřeními, které zajišťují protierozní a protipovodňovou ochranu krajiny. [11]



## 2 CÍLE PRÁCE

- Výpočet erozní ohroženosti řešeného území
- Rozbor odtokových poměrů
- Stanovení kritických profilů
- Vyhodnocení účinnosti realizovaných protipovodňových a protierozních opatření, navržených v rámci PSZ KPU
- Vlastní návrh ochranných opatření
- Srovnání návrhů

## 3 PROTIPOVODŇOVÁ A PROTIEROZNÍ OCHRANA KRAJINY

V druhé polovině minulého století prodělal obor protierozní ochrany prudký vývoj. Ekonomická aktivita společnosti, projevující se zvýšeným využíváním přírodních zdrojů, by měla vést společnost ke snaze využívat těchto zdrojů účelně a ekonomicky a chránit je pro příští generace. Erozní jevy, vedoucí k výraznému poškozování dvou základních přírodních zdrojů – půdy a vody, se dostaly do popředí pozornosti světové veřejnosti, která hledala možnosti jak je omezit nebo zabránit jejich nepříznivým důsledkům. Vývoj společnosti je determinován možností využívat zdrojů biosféry. Některé z těchto zdrojů mohou být postupně vyčerpány nebo znehodnoceny. Půda jako jeden z hlavních zdrojů biosféry je podle definice OSN omezený a nenahraditelný přírodní zdroj. V případě postupující degradace a ztráty půdy se stává tento zdroj v mnoha částech světa hranicí dalšího rozvoje lidské společnosti. Intenzivní využívání půdy pro zemědělskou výrobu a realizace investiční výstavby porušila postupně přirozený kryt půdy a vystavila její povrch působení erozních sil. Rozvinula se eroze, spočívající v destrukčním účinku vody a větru na půdní povrch. Došlo k rozrušování a odnosu půdní hmoty zemského povrchu a k jejímu ukládání v místech poklesu účinnosti erozních faktorů. Činnost vody, větru i ledovců. Jež v přirozených podmínkách probíhala pozvolna, z hlediska lidské generace nepozorovatelně, se v intenzivně využívané krajině výrazně zrychlila a přinesla pro společnost řadu nepříznivých důsledků. Historická eroze, jež se v minulých geologických obdobích účastnila vytváření formy zemského reliéfu, byla vystřídána zrychlenou erozí, jež dále modeluje zemský povrch. Při normální erozi probíhají erozní jevy zvolna při stavu rovnováhy v přírodě. Opačně tomu je u eroze abnormální neboli zrychlené, která nastává při porušení přírodní rovnováhy. Zrychlená eroze je příčinou nebezpečného uvolňování a transportu půdních částic a chemických látek. Při normální erozi je ztráta půdních částic doplňována tvorbou nových částic z půdního podkladu, transportní procesy jsou

nevýrazné. Při zrychlené erozi dochází k takovému smyvu půdních částic a živin, že nemohou být nahrazeny půdotvorným procesem. Chemické látky dodané půdě jsou často odneseny v plném množství. Nepříznivé důsledky zrychlené eroze, zvýrazněné industrializačními a urbanizačními procesy, se projevují nejen v ohrožení půdy, ale i v ohrožení dalšího základního přírodního zdroje – vody, a to znečišťováním uvolněnými a transportovanými látkami. Ztráta půdy postihuje nejvíce zemědělství. Uvolňování a odnos půdních částic se často děje ve velkém měřítku. Mnohdy se při intenzivních srážkách smyje mělká půdní vrstva a obnaží se půdní podklad, což má při dlouhodobém procesu tvorby nové půdy pro zemědělskou výrobu velmi nepříznivé důsledky. Ztráta rostlinných živin znamená vedle snížení výnosu i zhoršení kvality sklizně. Při erozních procesech s nižší intenzitou dochází ke ztrátě jemných půdních částic. Tím se mění půdní textura i struktura a snižuje se vodní kapacita půdy. Při procesech vodní eroze s vyšší intenzitou, při nichž dochází ke smyvu značné části vrchního půdního horizontu, nepřijímá nižší horizont, obvykle s menším obsahem organické hmoty a s menší propustností, v dostatečné míře srážkovou vodu. Půdní profil je ochuzen o zásobu vláhy, což má v suchých obdobích výrazný vliv na vývoj vegetace. Uvolněné půdní částice jsou ukládány na úpatí svahů. Jemný materiál je však transportován vodou do hydrografické sítě, v níž tvoří část splavenin. Splaveniny zanášejí vodní toky, vodní nádrže a stavby na tocích a zmenšují tak jejich kapacitu. Nebezpečí je o to větší, když se půda dostává do styku s velkým množstvím chemických látek ve formě průmyslových hnojiv a pesticidů. Chemické látky jsou transportovány spolu s půdními částicemi a pronikají do povrchových a podzemních vod, čímž ohrožují jejich využití. Chemické látky z půdního povrchu se objevují v povrchových i podzemních vodách a mají značný vliv na kvalitu vody. Vysoký obsah dusíku spolu s fosforem způsobuje eutrofizaci mnoha vodních nádrží. [12]

Z výše zmíněných důvodů je protierozní ochrana při snaze účelně a hospodárně využívat přírodních zdrojů nezbytná. Jejím úkolem je chránit dva nejcennější z těchto zdrojů – půdu a vodu – a zabránit nepříznivým důsledkům. [12]

K zajištění podmínek pro ochranu a zúrodnění půdního fondu (mimo jiné) slouží dnes pozemkové úpravy (dále jen PÚ). Pozemkové úpravy jako organizaci půdního fondu si vynucují politické poměry a ekonomická úroveň společnosti. První historické zmínky o takovéto činnosti nacházíme již ve starověké literatuře. Důsledkem původního osídlování krajiny je neupravenost pozemkové držby, která je charakterizována zejména rozptýleností pozemků, jejich nevhodným tvarem, nepřístupností a nepravidelnými tvary katastrálních

hranic. Proto bylo původním cílem PÚ scelování půdy a úprava vlastnických vztahů. Po druhé světové válce byl přijat zákon o jednotných zemědělských družstvech, který dal PÚ zcela nový politický směr – co nejrychleji zavést socialistickou zemědělskou výrobu. Důsledkem bylo nekoordinované a násilné vytvoření půdních celků neodbornými zásahy do krajiny. Období třetí etapy socializace vesnice po roce 1974 vyústilo v násilné slučování podniků do seskupení o výměře několika tisíc hektarů. Posledním druhem socialistických projektů, které se tragicky podílely na vytváření zemědělské krajiny, byly souhrnné pozemkové úpravy. Ty měly řešit nejen organizaci půdního fondu, ale i ochranu a tvorbu krajinného prostředí. I přes probíhající výzkumy eroze, kterými se v té době zabývala již řada odborníků, však většinou v projektech převládalo jednostranné hledisko maximální využitelnosti mechanizace a snaha respektovat další ekonomické (nikoli ekologické) ukazatele. Většina navrhovaných opatření k revitalizaci krajiny zůstávala pouze v návrzích. [11]

Dnešní snahou je v rámci návrhů PÚ zajistit podmínky pro zlepšení životního prostředí, ochranu a zúrodnění půdního fondu, vodní hospodářství a zvýšení ekologické stability. Tyto snahy jsou reprezentovány návrhem protierozních a protipovodňových opatření.

Protierozní (dále jen PE) opatření dále dělíme na organizační, agrotechnická a technická. Organizační opatření zahrnují změnu tvaru a velikosti pozemku, delimitaci kultur, ochranná zatravnění či zalesnění, PE rozmísťování plodin, PE osevní postupy, PE směr výsadby či pásové střídání plodin. Agrotechnická opatření jsou prováděna formou PE agrotechnologií, hrázkování, důlkování, mulčování nebo hrázkování apod. Biotechnická PEO tvoří PE meze, PE průlehy, PE příkopy, stabilizace drah soustředěného povrchového odtoku, PE hrázky, PE nádrže, terasování a polní cesty s PE funkcí. [13]

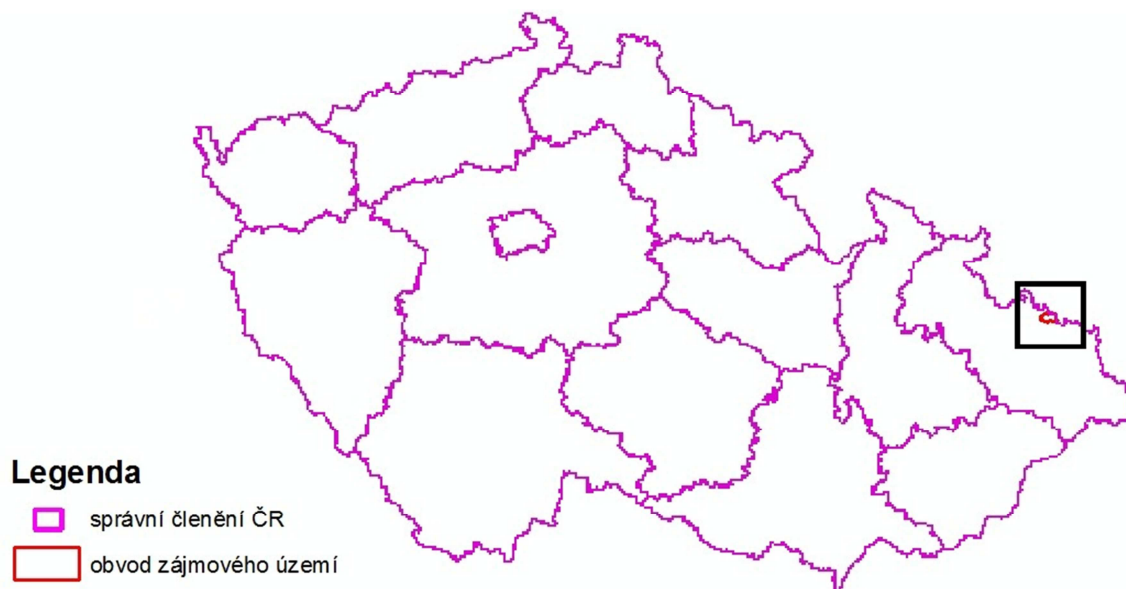
Protipovodňová ochrana je v rámci PÚ obvykle prováděna pomocí suchých retenčních nádrží (tzv. poldrů). Ochranné retenční nádrže patří k základním vodohospodářským opatřením určeným k ochraně krajiny, objektů a zařízení před nepříznivými účinky velkých vod. Jejich hlavním úkolem je zachycení povodňové vlny a splavenin v retenčním prostoru nádrže a její transformaci na přípustnou hodnotu. Začlenění ochranných nádrží do krajiny, jejich uspořádání a provoz úzce souvisí s řešením PÚ. [14]

## 4 PŘÍRODNÍ POMĚRY ÚZEMÍ

### 4.1 Popis území

Obec Hať je hraniční obcí s Polskem, kterou najdeme 7 km od města Hlučín a 17 km jižně od města Ostravy. Obě tato města významně ovlivňují život obce. Zaměstnání v nich totiž nachází převážná část obyvatel. K 31. 12. 2007 měla obec 2579 obyvatel a 771 čísel popisných. Je typicky zemědělskou obcí. Rozloha jejího katastru zaujímá plochu 1573 ha, z toho je 1266 ha zemědělské půdy. Na ní hospodaří pouze soukromí zemědělci. Obcí protéká od západu k východu potok Bečva, který pramení na katastrálním území obce Vřesina v lokalitě Vodní důl. Délka jeho toku na katastru obce je 5238 m. V období let 1958 až 1973 bylo jeho koryto upraveno. Nad obcí ve stejném roce vznikla retenční nádrž Hať. Potok se na katastrálním území polské obce Zabelkov vlévá do řeky Odry. Krajinný ráz území mimo zastavěnou část obce je zemědělský. Jediný souvislý lesní porost se nachází na severozápadě katastru v lokalitě „U Huberta“ o výměře 280 ha. Několik rozptýlených lesíků a remízek se smíšeným porostem buků, habrů, dubů, smrků a olší na severní a jižní straně katastru jen dotváří sporadickou zeleň v krajině. V intravilánu je několik významných stromů rostoucích buď v aleji či osamoceně jako solitéry. Nejvýznamnější je lípa rostoucí na farním dvoře. Dominantně působí i dva duby rostoucí na ul. U Střediska. Jen torzo již zbylo z lipové aleje rostoucí podél komunikace vedoucí přes obec, která má název Lipová. V celé obci je zaveden plyn a vodovod. [1]

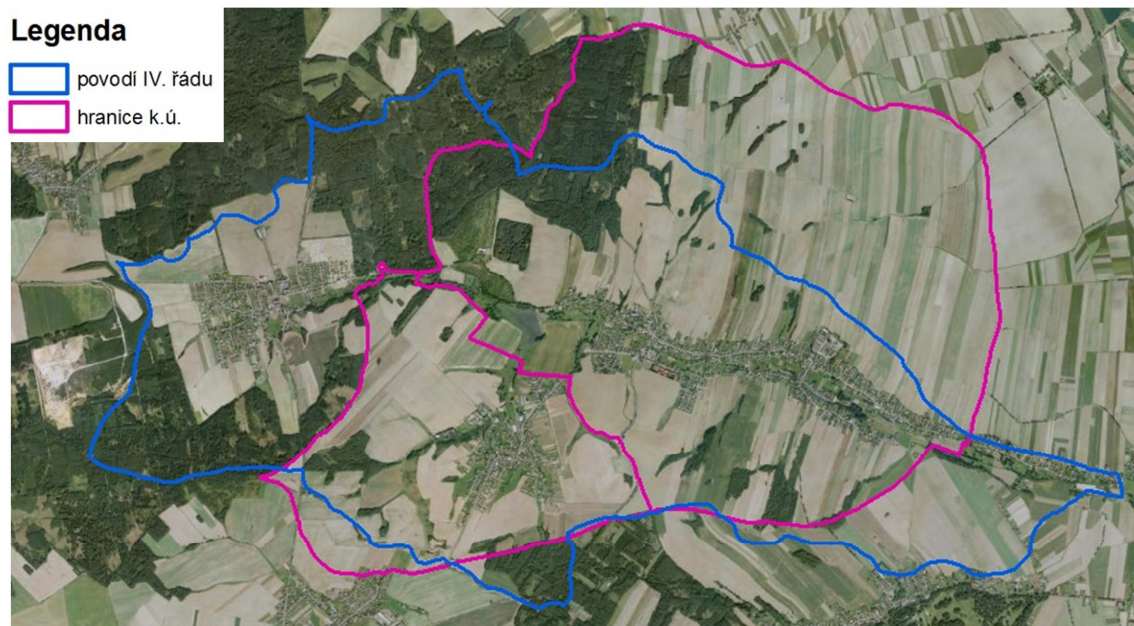
Katastrální výměra obce Darkovice činí 514 ha. Ke dni 3. 7. 2006 zde žilo 1235 obyvatel. V katastru obce se nachází objekt těžkého opevnění MO-S 20 Orel, jediný vybudovaný objekt plánované tvrze "U Orla". Dnes je součástí Areálu opevnění Hlučín-Darkovičky. Objekt je ponechán ve stavu z roku 1945. [2]



Obr. 1 Zájmové území v rámci ČR [3]



Obr. 2 Přehledná mapa zájmového území [4]



**Obr. 3 Satelitní snímek zájmového území [3]**

## **4.2 Geografický popis území**

Hať leží v údolí potoka Bečva v Moravskoslezském kraji. Obec se nachází v okrese Opava na samém úpatí Hlučínské pahorkatiny a je součástí regionu, kterému se po první světové válce začalo říkat Hlučínsko. Průměrná nadmořská výška v zastavěné části obce je 215 m n. m. Nejnížší a nejvyšší místo na katastrálním území obce leží ve výšce 205 m n. m. a 279 m n. m. Východní a severní hranice katastru v délce 5746 m tvoří státní hranice s Polskou republikou, konkrétně s obcemi Rudyszwald, Roszkov, Krzyzanowice, Nowa Wioska, Owsiszce. [1]

Obec Darkovice se nachází v údolí v průměrné nadmořské výšce 250 m n. m. Leží jihozápadně od sousední obce Hať. [2]

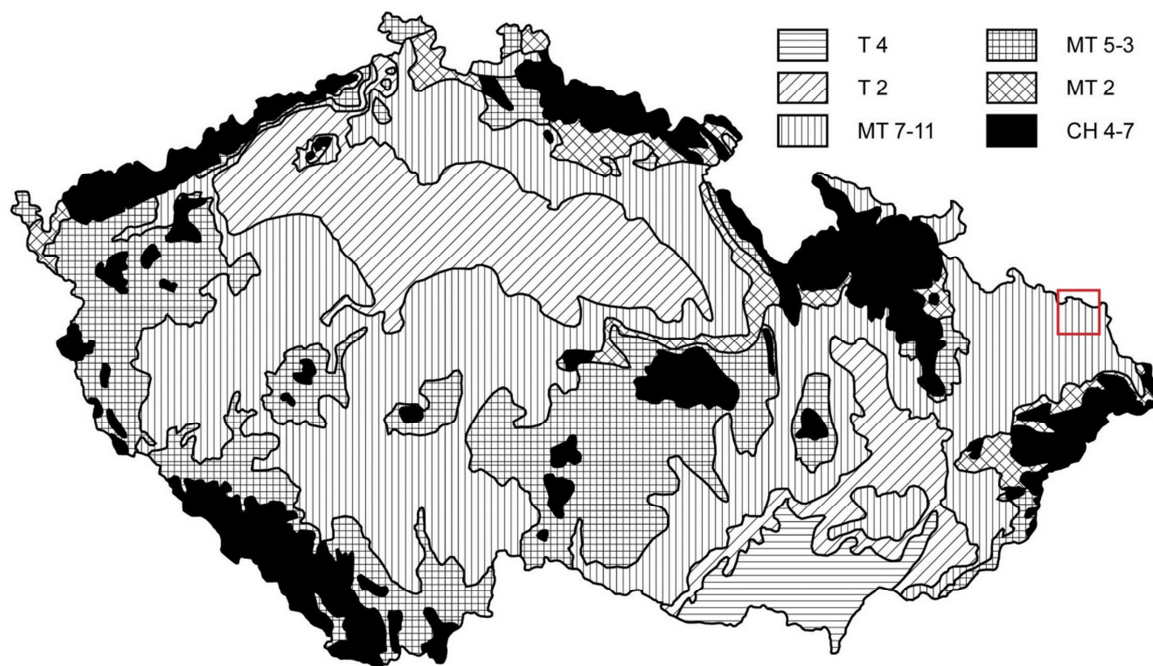
## **4.3 Klimatické poměry**

V roce 1971 bylo E. Quittem zpracováno klimatickogeografické členění Československa, ve kterém vymezil na našem území 3 základní klimatické oblasti – teplou, mírně teplou a chladnou. Řešené území spadá v rámci mírně teplé klimatické oblasti do podoblasti teplejšího a suššího charakteru.

Průměrná roční teplota je 8,5 °C a průměrný roční srážkový úhrn se pohybuje mezi 500 až 600 mm za rok. Stoletá denní srážka v okolí zájmového území je 83 mm. [6]

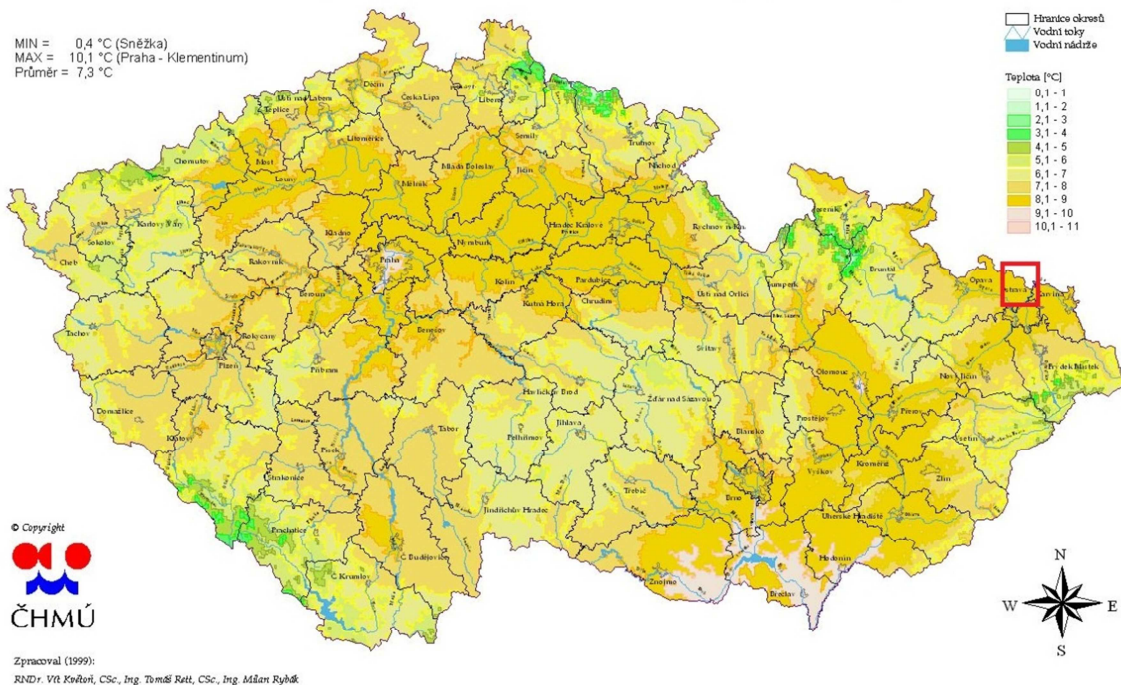


Průměrná rychlost větru v 10 m nad zemí se pohybuje mezi 3 až 3,5 m/s. Území tedy spadá do 2 – 3 stupně Beaufortovy stupnice síly větru (větřík až slabý vítr).



Obr. 4 Mapa klimatických oblastí dle Quitta [6]

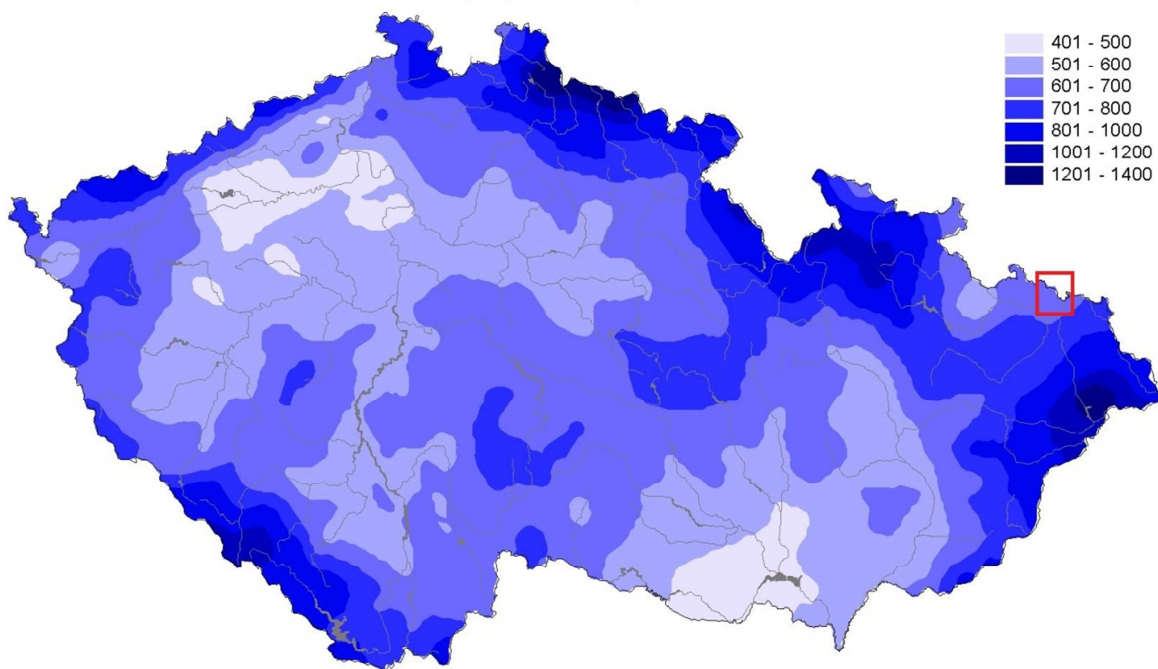
Průměrná roční teplota vzduchu za období 1961-1990 [°C]. Česká republika.



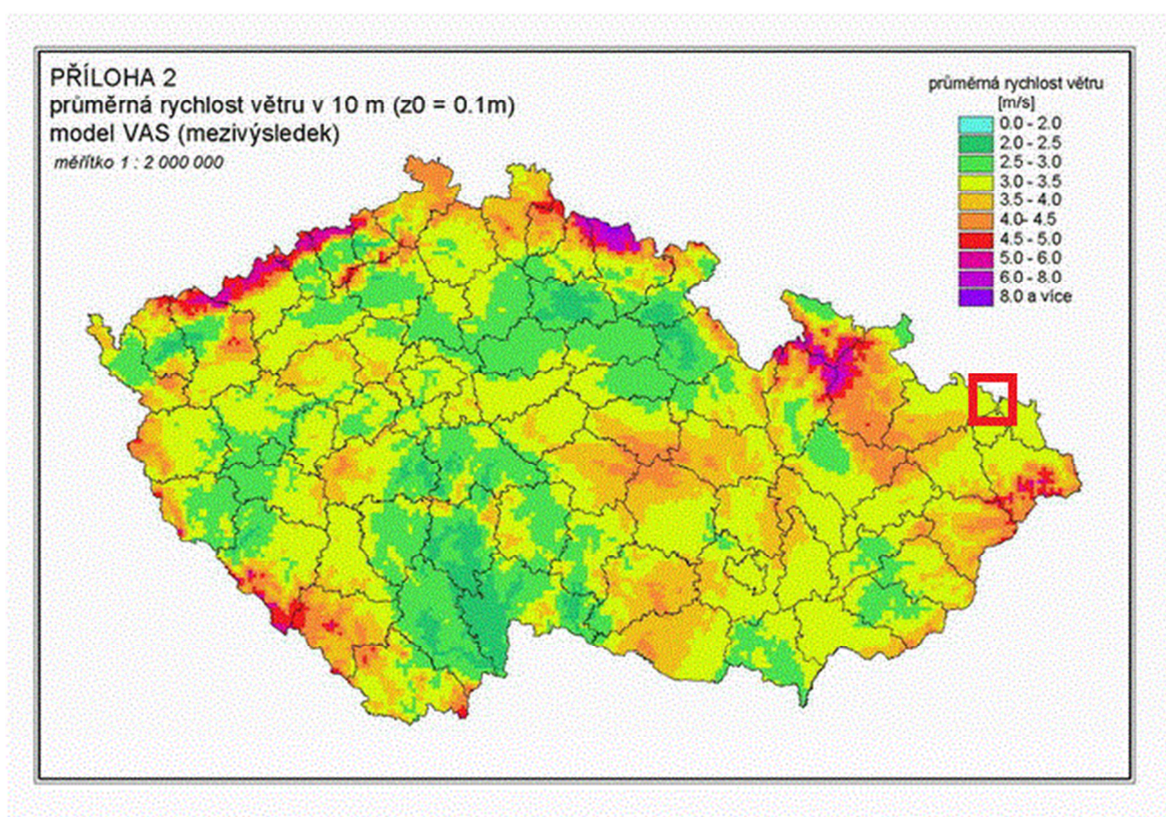
Obr. 5 Mapa průměrných ročních teplot ČR [6]

# Normály ročních srážkových úhrnů 1961 - 90 [mm]

(Metoda spliningu dr. Kočtoně a ing. Retta)



Obr. 6 Mapa průměrných ročních srážkových úhrnů ČR [6]

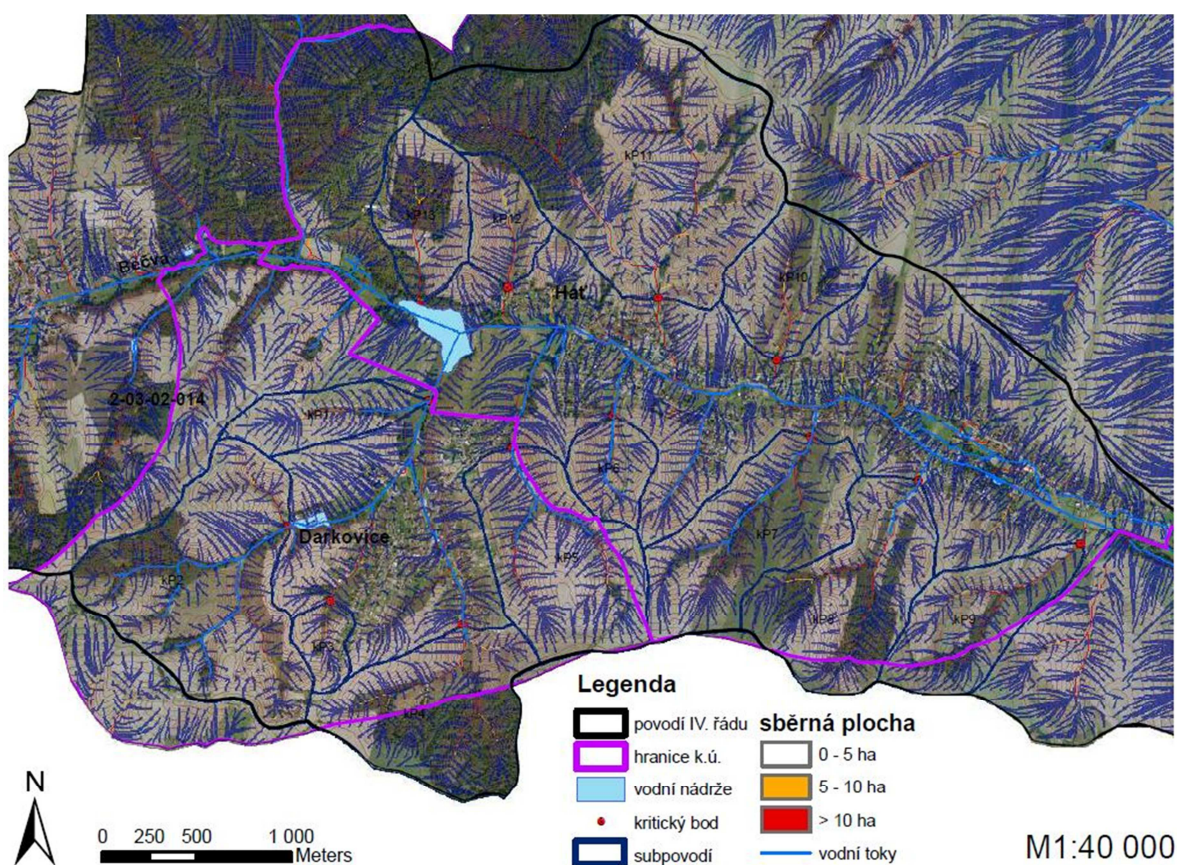


Obr. 7 Mapa průměrné rychlosti větru v 10 m [7]

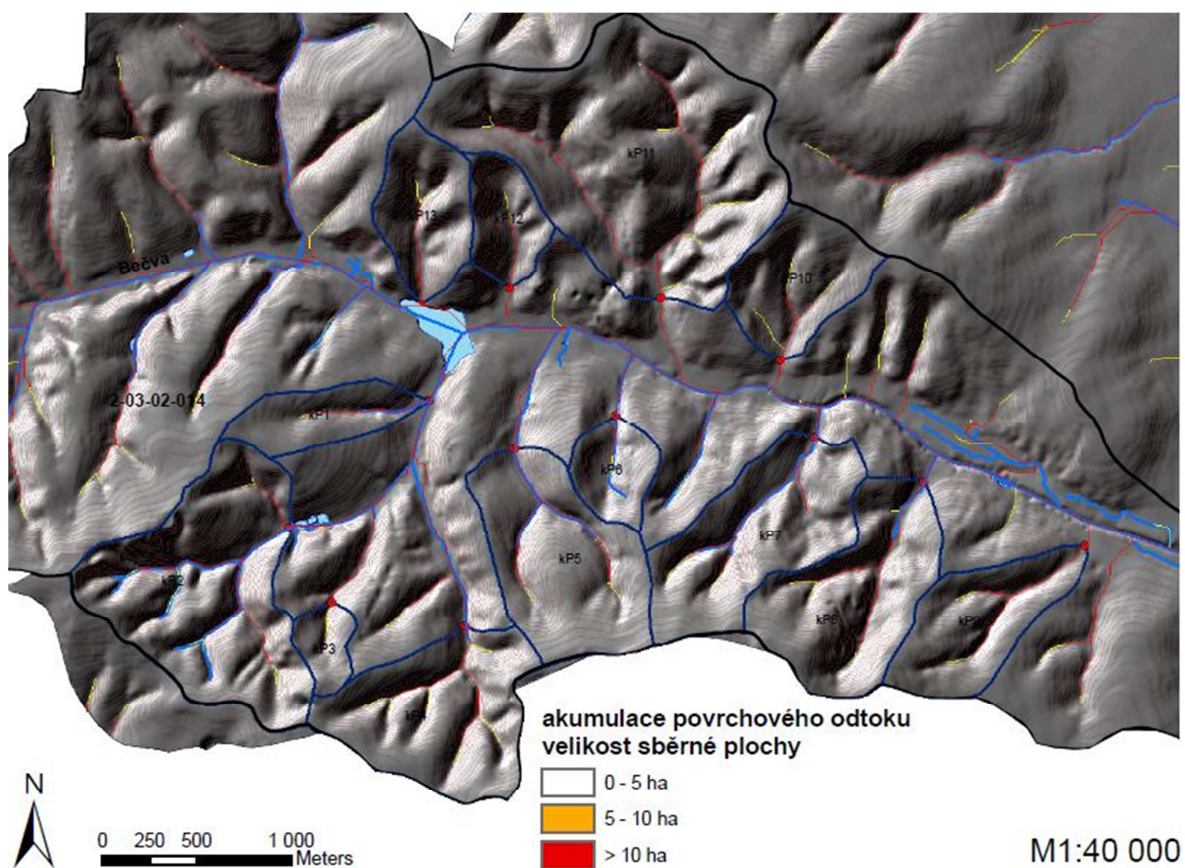


#### 4.4 Hydrologické poměry

Zájmové území leží v oblasti povodí řeky Odry. Obcí Hať protéká od západu k východu potok Bečva, který pramení na katastrálním území obce Vřesina v lokalitě Vodní důl a na katastrálním území polské obce Zabelkov se vlévá do řeky Odry. Délka jeho toku na katastru obce je 5238 m. Povodí Bečvy má rozlohu 22 km<sup>2</sup>. Jedná se o povodí IV. řádu s číslem hydrologického pořadí 2-03-02-014. Stoletý maximální průtok je roven 13,3 m<sup>3</sup>/s. Vodní tok se v závislosti na obsahu amoniakálního dusíku (3,1 mg/l) řadí do V. třídy jakosti vody, dusičnanového dusíku (2 mg/l) do II. třídy jakosti. V závislosti na obsahu fosforu (0,55 mg/l) se řadí do třídy IV. Tyto hodnoty poukazují na značné koncentrace živin v potoce. V období let 1958 až 1973 bylo koryto Bečvy upraveno. Nad obcí ve stejném roce vznikla retenční nádrž Hať. [8] Retenční nádrž Hať se nachází na potoce Bečva na katastrálním území stejnojmenné obce. Plocha její zátopy činí 6,23 ha. Na pravostranném přítoku Bečvy na katastrálním území obce Darkovice leží soustava čtyř menších nádrží o rozloze 0,10 ha, 0,01 ha, 0,31 ha a 0,56 ha, přičemž nejmenší nádrž je užívána jako koupaliště. Tok dále ústí do nádrže Hať.



Obr. 8 Hydrologické poměry zájmového území



Obr. 9 Akumulace povrchového odtoku

SUBPOVODÍ					ÚDOLNICE	
OZN	sklon [%]	plocha [km <sup>2</sup> ]	Q <sub>max</sub> [m <sup>3</sup> /s]	W <sub>100</sub> [10 <sup>3</sup> .m <sup>3</sup> ]	délka [km]	sklon [%]
kP1	6,6	0,258	<b>2,52</b>	<b>10</b>	1,108	3,88
kP2	11,7	1,094	<b>2,89</b>	<b>34</b>	1,288	3,11
kP3	10,0	0,113	<b>0,96</b>	<b>4</b>	0,511	6,46
kP4	10,8	0,723	<b>2,24</b>	<b>22</b>	1,092	4,03
kP5	8,6	0,730	<b>4,09</b>	<b>27</b>	1,331	3,76
kP6	10,1	0,197	<b>1,74</b>	<b>7</b>	0,680	5,59
kP7	10,1	0,715	<b>3,20</b>	<b>23</b>	1,497	4,07
kP8	10,7	0,705	<b>2,55</b>	<b>19</b>	1,363	4,26
kP9	8,4	0,461	<b>2,76</b>	<b>15</b>	1,372	4,01
kP10	8,4	0,413	<b>1,99</b>	<b>13</b>	0,877	5,02
kP11	10,6	1,734	<b>2,81</b>	<b>47</b>	1,818	3,19
kP12	12,6	0,225	<b>1,36</b>	<b>6</b>	0,848	5,54
kP13	11,1	0,354	<b>1,31</b>	<b>9</b>	0,949	5,06

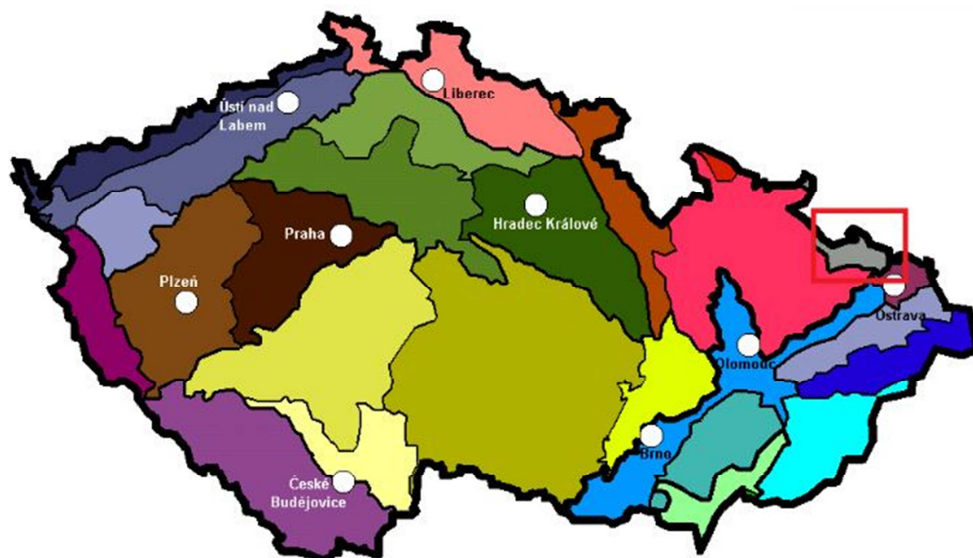
Tab. 1 Odtokové poměry při současném využití území



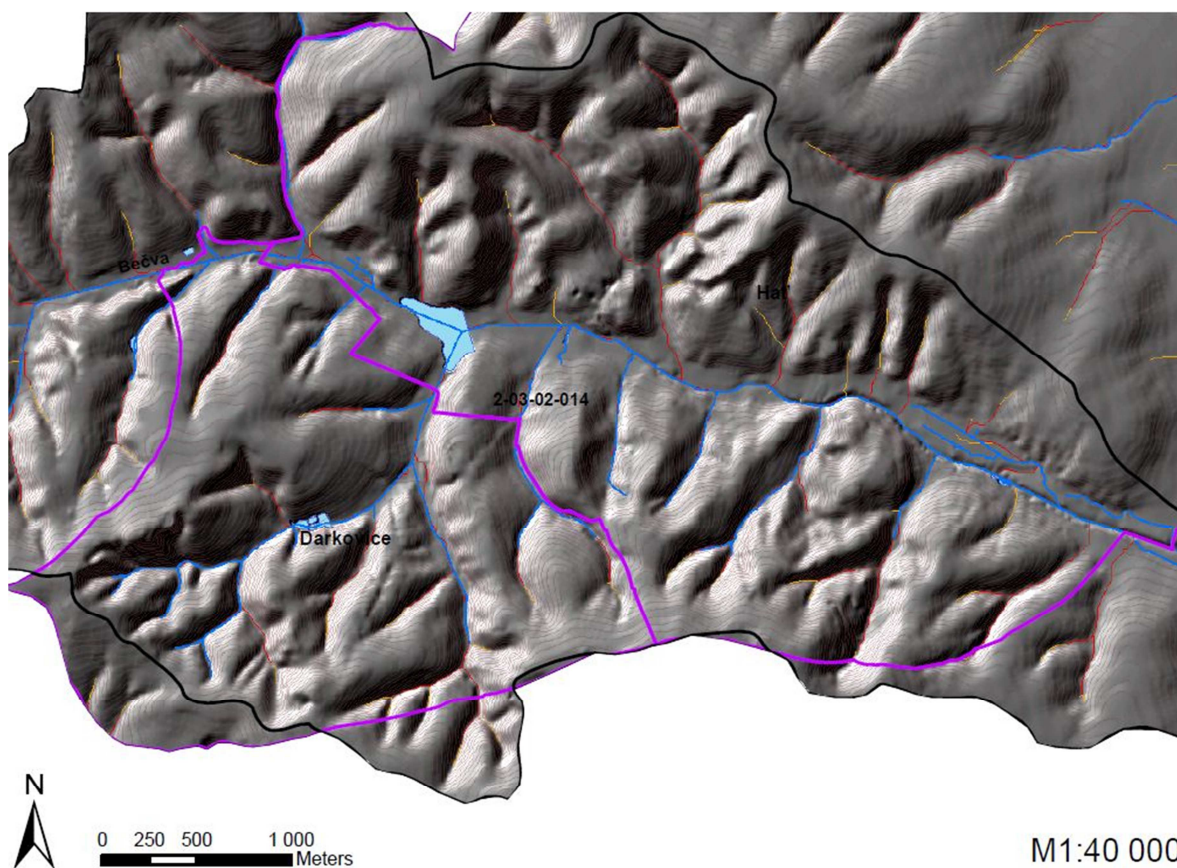
## 4.5 Morfologické poměry území

Z hlediska geomorfologického členění je zájmové území součástí Hercynského systému a subsystému Epihercynských nížin.

geomorfologická provincie	Středoevropská nížina
geomorfologická subprovincie	Středopolské nížiny
geomorfologická oblast	Slezská nížina
geomorfologický celek	Opavská pahorkatina

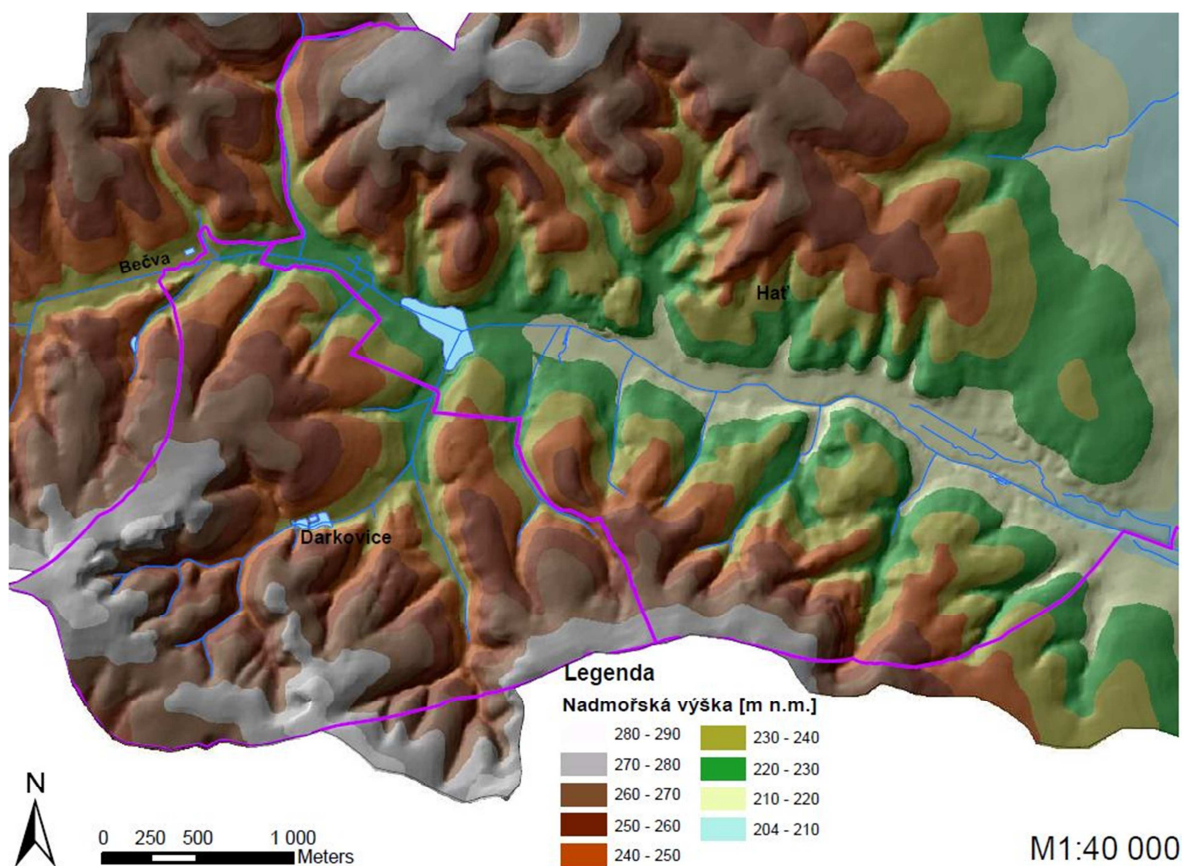


Obr. 10 Geomorfologické členění ČR [9]

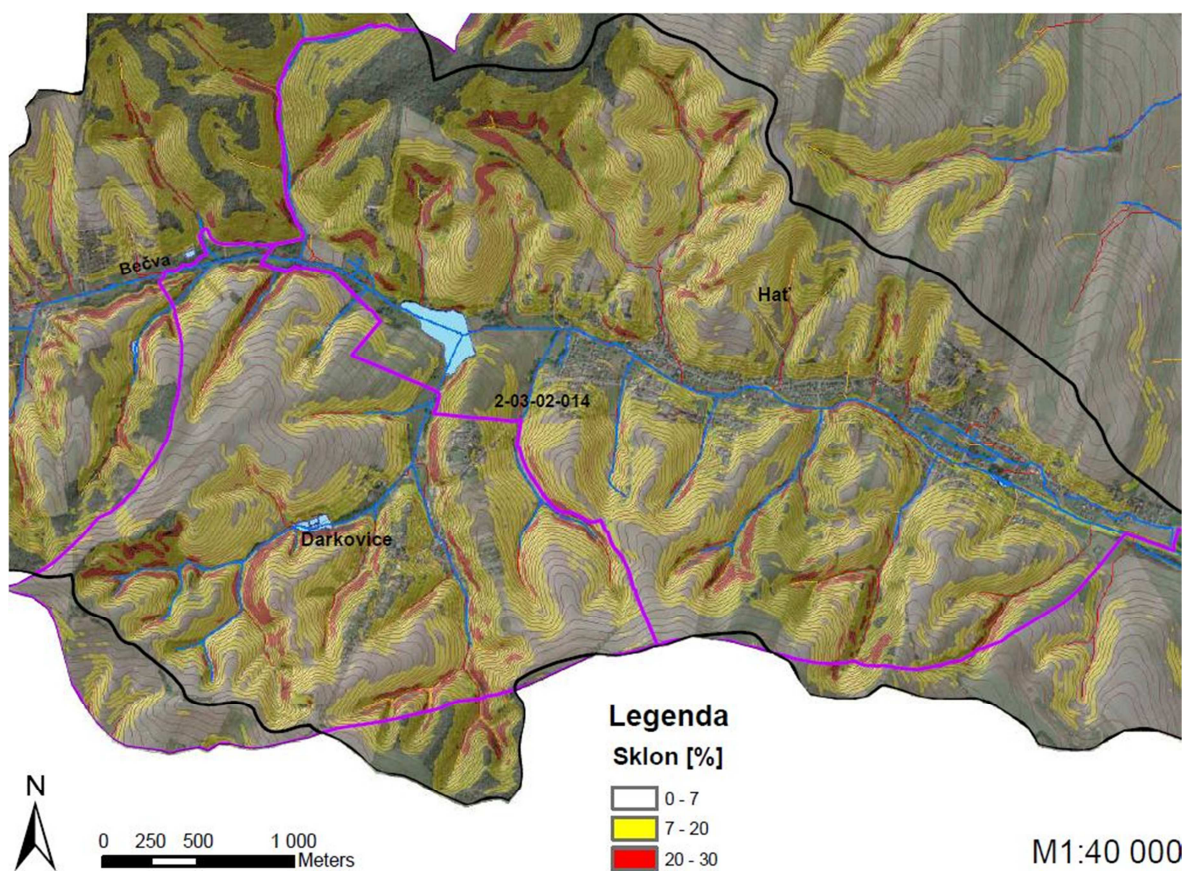


Obr. 11 Reliéf terénu





Obr. 12 Hypsometrie

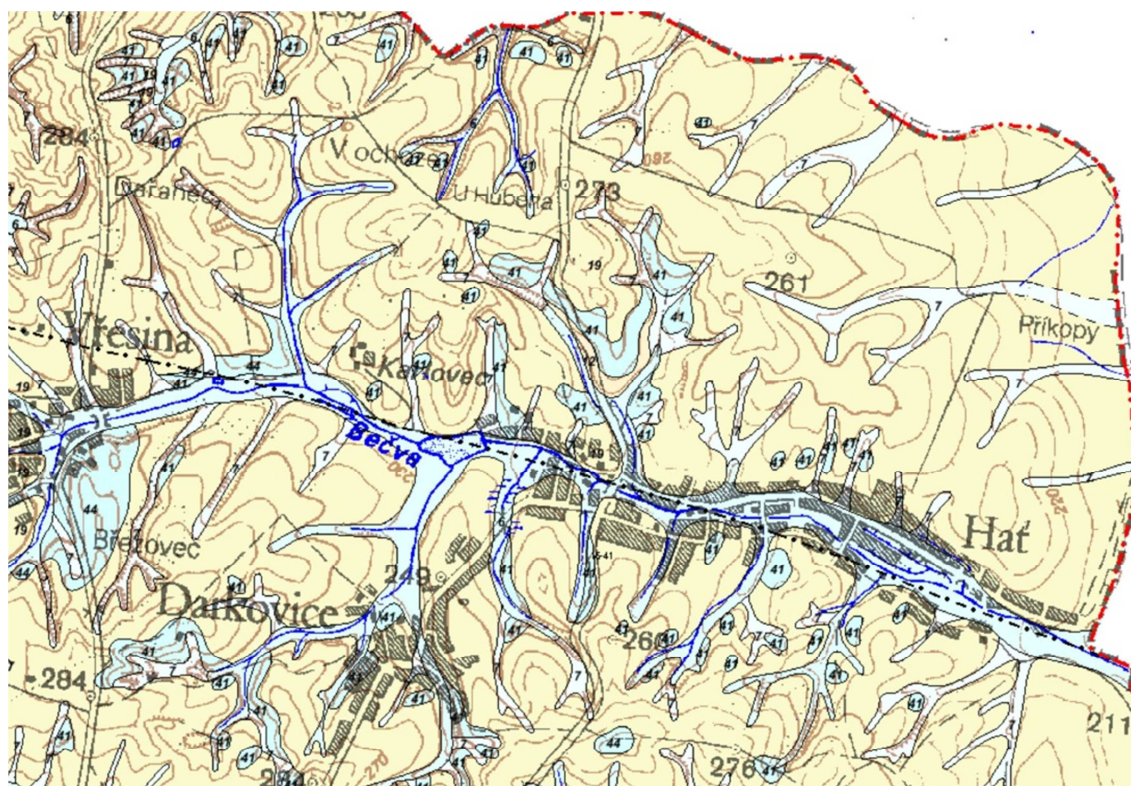


Obr. 13 Sklonitostní poměry



## 4.6 Geologický popis území

Většinu zájmového území tvoří sprašové hlíny. Především nivy jsou tvořené písiky až štěrky. Na části území se vyskytují také smíšené sedimenty. Viz. Obr. 14



### LEGENDA



**smíšený sediment [ID: 7]**

Eratém: **kenozoikum**, Útvar: **kvartér**, Oddělení: **holocén**, Horniny: **sediment smíšený**, Typ hornin: **sediment nepevný**, Zrnitost: **jemnozrnná převážně**, Poznámka: **včetně výplavových kuželů**, Soustava: **Český masív - pokryvné útvary a postvariské magmatity**, Oblast: **kvartér**



**písk a štěrky [ID: 41]**

Eratém: **kenozoikum**, Útvar: **kvartér**, Oddělení: **pleistocén**, Suboddělení: **pleistocén střední**, Poznámka: **saale**, Poznámka: **Saale**, Horniny: **písk, štěrk**, Typ hornin: **sediment nepevný**, Mineralogické složení: **pestré**, Zrnitost: **písk, štěrk**, Barva: **proměnlivá**, Soustava: **Český masív - pokryvné útvary a postvariské magmatity**, Oblast: **kvartér**, Region: **kvartér akumulčních oblastí Českého masívu**, Jednotka: **kvartér oblastí kontinentálního zalednění Českého masívu**



**sprašová hlína [ID: 19]**

Eratém: **kenozoikum**, Útvar: **kvartér**, Oddělení: **pleistocén**, Suboddělení: **pleistocén svrchní**, Horniny: **sprašová hlína**, Typ hornin: **sediment nepevný**, Mineralogické složení: **křemen + příměsí**, Barva: **okrově hnědá**, Poznámka: **místa s hrubší klastickou příměsí**, Soustava: **Český masív - pokryvné útvary a postvariské magmatity**, Oblast: **kvartér**

Obr. 14 Geologická mapa území [5]

## 4.7 Pedologické poměry

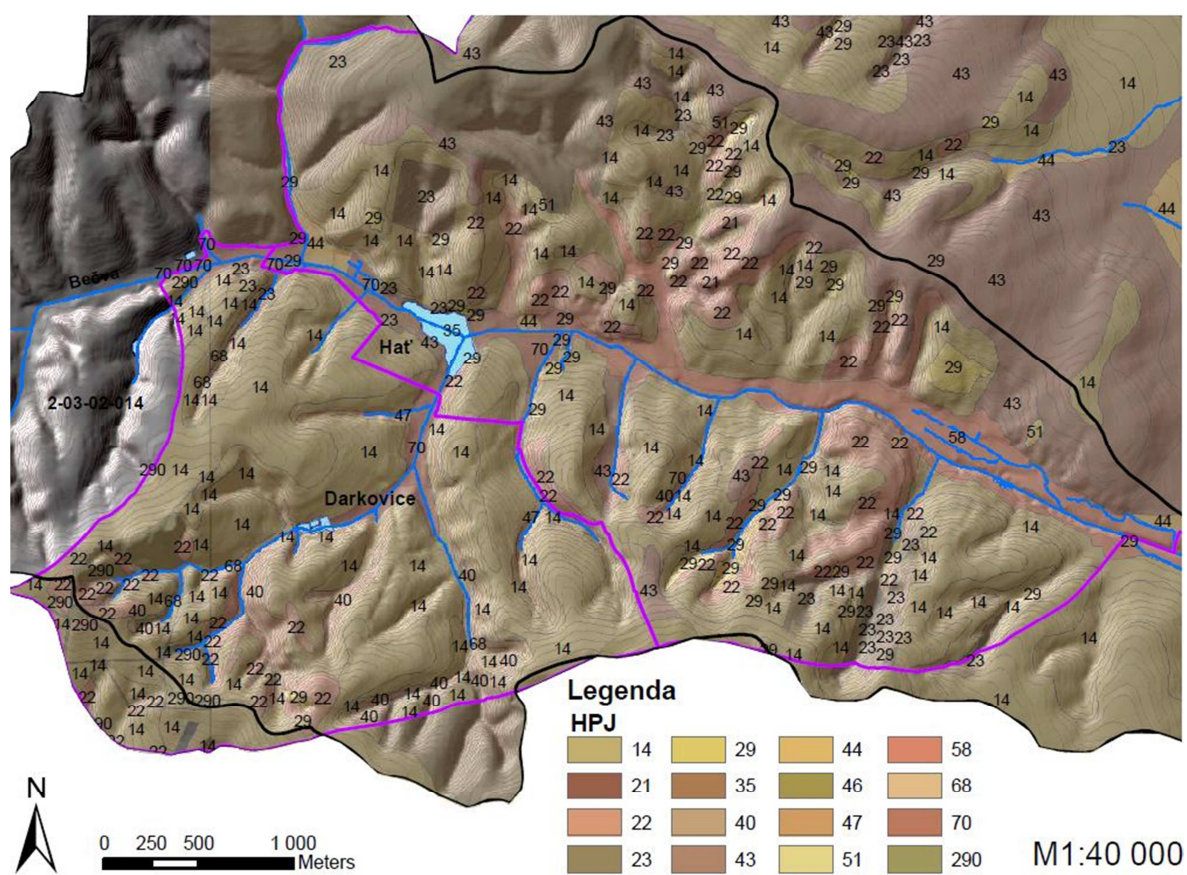
Půdní a klimatické podmínky území, které mají vliv na produkční schopnost zemědělské půdy a její ekonomické ohodnocení, byly odvozeny z mapy bonitovaných půdně ekologických jednotek. Jak lze vyčíst z první číslice kódu BPEJ, zájmové území spadá do mírně teplého, vlhkého, nížinného klimatického regionu 6. Průměrné roční teploty se pohybují okolo 7,5 - 8,5 °C. Průměrný roční úhrn srážek činí 700 - 900 mm.

Druhá a třetí číslice vymezuje příslušnost k určité hlavní půdní jednotce (těch je v ČR 78). Hlavní půdní jednotka je účelové seskupení půdních forem, příbuzných ekologickými vlastnostmi, které jsou charakterizovány morfogenetickým půdním typem, půdotvorným substrátem, zrnitostí a u některých hlavních půdních jednotek výraznou svažitostí, hloubkou půdního profilu, skeletovitostí a stupněm hydromorfismu.

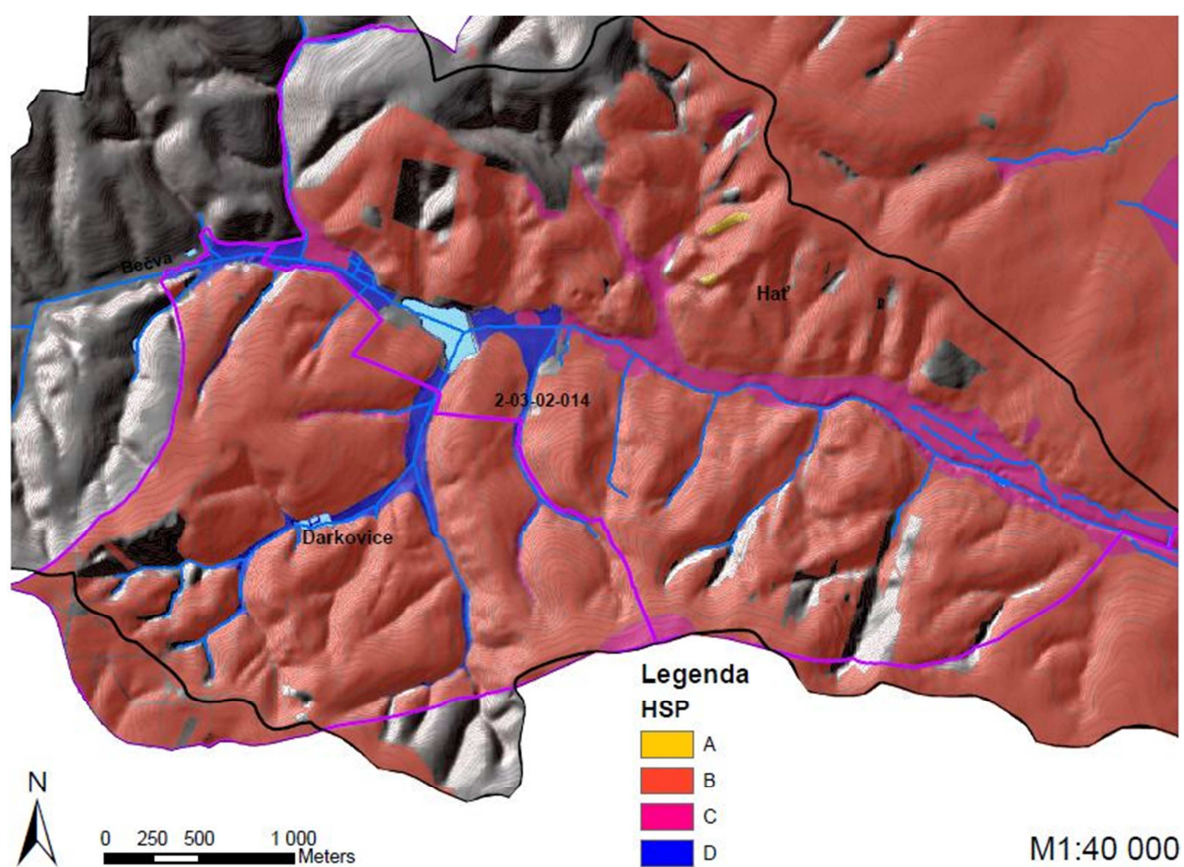
V zájmovém území převažují především hlavní půdní jednotky 14 a 22. Hlavní půdní jednotka 14 charakterizuje luvizemě modální, hnědozemě luvické včetně slabě oglejených na sprašových hlínách nebo svaňových (polygenetických) hlínách s výraznou eolickou příměsí, středně těžké s těžkou spodinou, s příznivými vláhovými poměry. Hlavní půdní jednotka 22 představuje půdy arenického subtypu, regozemě, pararendziny, kambizemě, popřípadě i fluvizemě na mírně těžších substrátech typu hlinitý písek nebo písčitá hlína s poměrně příznivým vodním režimem. Místy se vyskytují také hnědozemě luvické, luvizemě oglejené na sprašových hlínách, středně těžké, ve spodině i těžší, bez skeletu nebo jen s příměsí, se sklonem k převlhčení (HPJ 43) nebo půdy se sklonitostí vyšší než 12 stupňů, kambizemě, rendziny, pararendziny, rankery, regozemě, černozemě, hnědozemě a další, zrnitostně středně těžké lehčí až lehké, s různou skeletovitostí, vláhově závislé na klimatu a expozici (HPJ 40).

Území charakterizuje průměrná hodnota faktoru erodovatelnosti půdy  $K$  rovna 0,48. Faktor erodovatelnosti půdy (náchylnosti půdy k erozi) je definován jako ztráta půdy ze standardního pozemku vyjádřená v  $t \cdot ha^{-1}$  na jednotku faktoru erozní účinnosti deště  $R$ .





Obr. 15 Mapa hlavních půdních jednotek



Obr. 16 Mapa hydrologických skupin půd

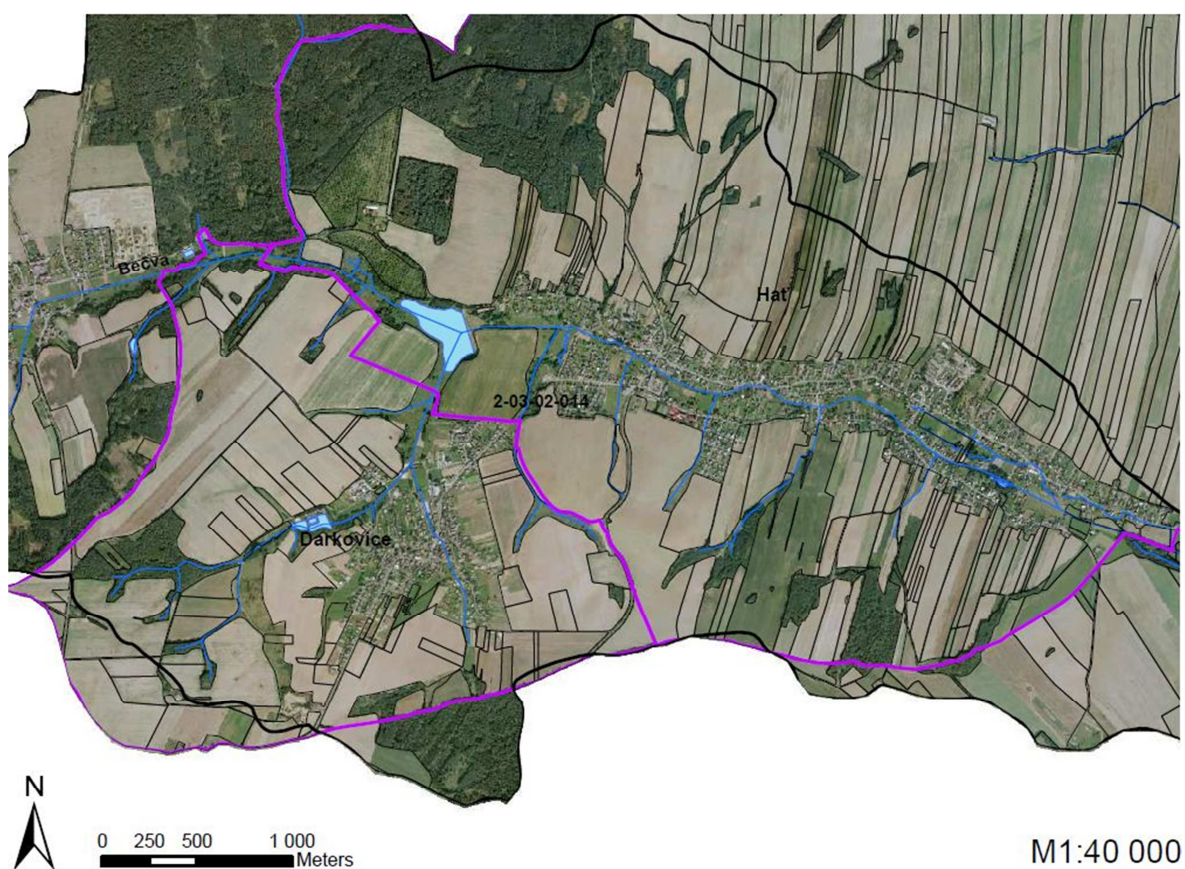


## 4.8 Krajinový pokryv území

Obě katastrální území mají rozlohu celkem 2087 ha. Z toho katastrální území Darkovic zabírá 513 ha a území obce Hať 1574 ha. Největší část zabírá orná půda s 1375 ha. Rozloha jednotlivých typů pokryvu je uvedena v Tab. 2. Majoritní pěstovanou plodinou na orné půdě jsou obiloviny. Při průzkumu však byl zjištěn výskyt kukuřice na pozemcích zcela nevhodných k jejímu pěstování.

krajinový pokryv	rozloha [ha]	rozloha [%]
orná	1375	65,9
les	370	17,7
intravilán	220	10,5
ostatní	77	3,7
sady	22	1,1
TTP	16	0,8
vodní plochy	7	0,3
<b>celkem</b>	<b>2087</b>	<b>100,0</b>

Tab. 2 Krajinový pokryv

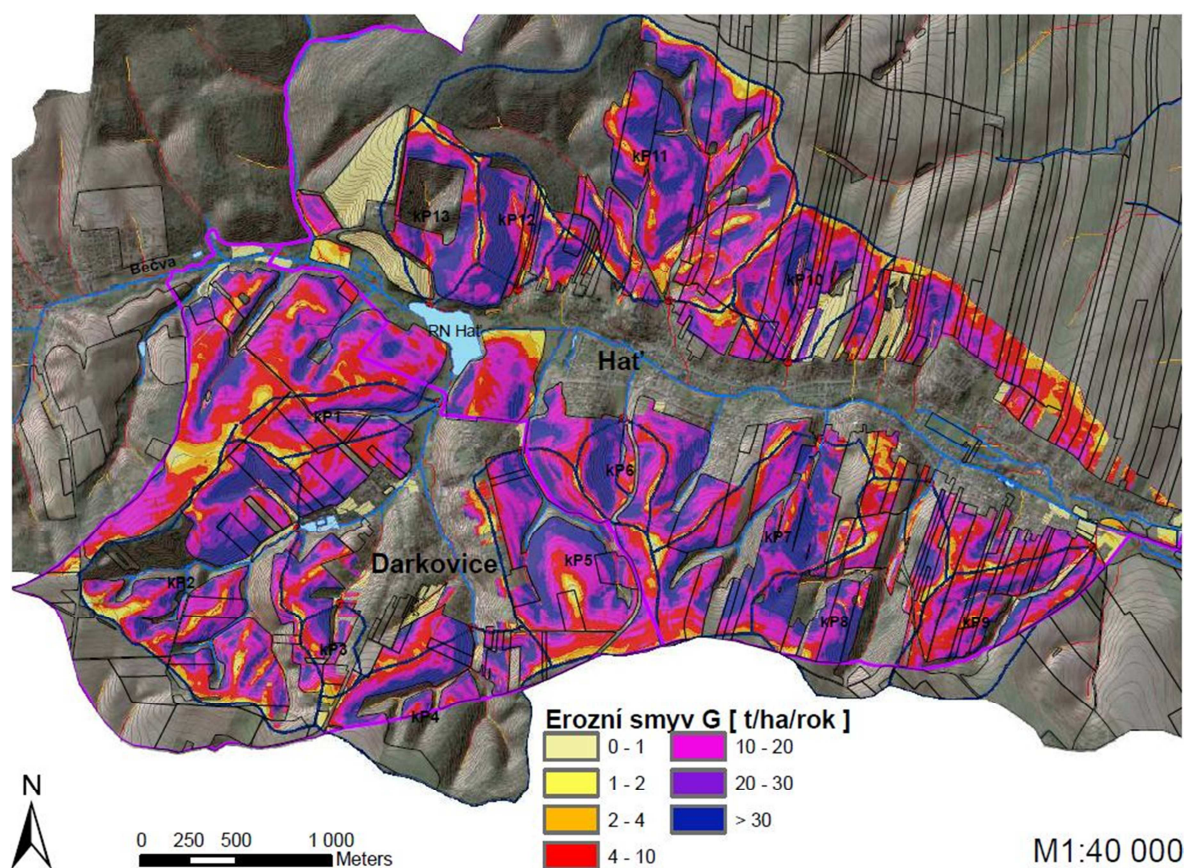


Obr. 17 Mapa krajinového pokryvu

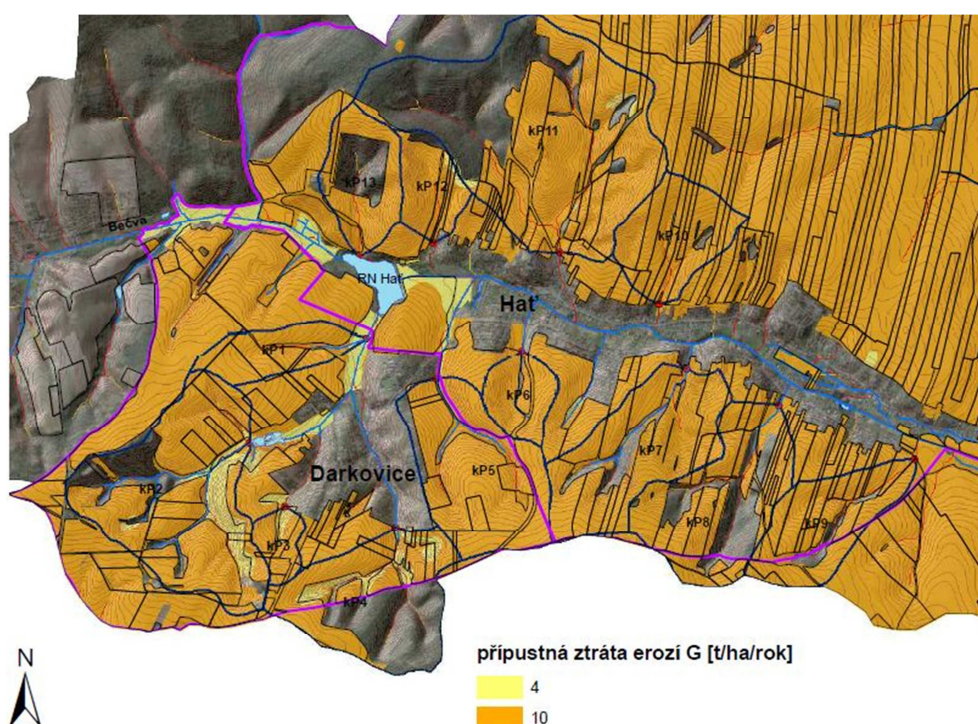


#### 4.9 Erozní poměry při současném využití území

Současné erozní poměry zájmového území počítané s hodnotou faktoru  $R = 40 \text{ MJ} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$  viz Obr. 18.



Obr. 18 Průměrný roční erozní smyv při současném využití území



Obr. 19 Přípustná ztráta půdy vodní erozí v závislosti na hloubce půdního profilu

## 5 POUŽITÉ METODY

Na zájmovém území byly stanoveny průměrné roční erozní smyvy s pomocí nástrojů programu ArcGIS, aplikací univerzální Wischmeier – Smithovy rovnice. Potřebné LS faktory byly vypočteny metodou USLE 2D. Následně byl proveden rozbor odtokových poměrů metodou čísel odtokových křivek CN v modifikaci modelu DesQ dle Hrádka.

### 5.1 Univerzální rovnice USLE dle Wischmeiera a Smithe

K určování ohroženosti zemědělských půd vodní erozí a k hodnocení účinnosti navrhovaných protierozních opatření se podobně jako v jiných zemích používá v České republice tzv. univerzální rovnice pro výpočet dlouhodobé ztráty půdy erozí – USLE (Universal Soil Loss Equation) dle Wischmeiera a Smithe (1978). Jedná se o empirický model, vycházející z principu přípustné ztráty půdy na jednotkovém pozemku, jehož parametry jsou definovány a odvozeny z rozměrů standardních elementárních odtokových ploch o délce 22 m a sklonu 9 %, jejichž povrch je po každém přívalovém dešti mechanicky kultivován ve směru sklonu svahu jako úhor. Hodnota přípustné ztráty půdy slouží ke stanovení míry erozního ohrožení pozemku a je definována jako maximální velikost eroze půdy, která dovoluje trvale a ekonomicky dostupně udržovat dostatečnou úroveň úrodnosti půdy.

Ztráta půdy vodní erozí se stanoví na základě rovnice:

$$G = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$$

kde:

G ...	průměrná dlouhodobá ztráta půdy ...	[t.ha <sup>-1</sup> .r <sup>-1</sup> ]
R ...	faktor erozní účinnosti dešťů, vyjádřený v závislosti na kinetické energii, úhrnu a intenzitě erozně nebezpečných dešťů ...	[MJ.ha <sup>-1</sup> .cm.h <sup>-1</sup> ]
K ...	faktor erodovatelnosti půdy, závislý na textuře a struktuře ornice, obsahu organické hmoty v ornici a propustnosti půdního profilu ...	[t. h. MJ <sup>-1</sup> .cm <sup>-1</sup> .rok <sup>-1</sup> ]
L ...	faktor délky svahu, vyjadřující vliv nepřerušené délky svahu na velikosti ztráty půdy erozí ...	[-]
S ...	faktor sklonu svahu, vyjadřující vliv sklonu svahu na velikost ztráty půdy erozí	[-]
C ...	faktor ochranného vlivu vegetačního pokryvu, vyjádřený v závislosti na vývoji vegetace a použité agrotechnice ...	[-]
P ...	faktor účinnosti protierozních opatření ...	[-]

Vypočtená hodnota je dlouhodobá průměrná roční ztráta půdy a udává množství půdy, které bylo na pozemku uvolněno plošnou vodní erozí, nezahrnuje však její ukládání na pozemku či pod ním. Rovnice se nedoporučuje používat pro kratší než roční období a pro zjišťování ztráty půdy erozí z jednotlivých srážek nebo z tání sněhu. [15]

### **Přípustná ztráta půdy vodní erozí**

Hodnoty přípustné ztráty půdy erozí byly stanoveny především z hlediska dlouhodobého zachování funkcí půdy a její úrodnosti. Hloubka půdy je charakterizována mocností půdního profilu, kterou omezuje skalní podklad, rozpad půdy nebo vysoká skeletovitost. Hloubka půdy se určí terénním průzkumem v místech nejsvažitéjší části pozemku. Orientačně lze hloubku půdy zjistit podle bonitovaných půdně ekologických jednotek (BPEJ). Hloubka půdy je v systému BPEJ vyjádřena 5. číslicí sdruženého kódu BPEJ pro skeletovitost a hloubku půdy. Kódy 7, 8, a 9 jsou určeny pro BPEJ pozemků se sklonem  $> 12^\circ$  a pro BPEJ nevyvinutých (rankerových) půd. Pro půdy s kódem 8 a 9 je hloubku půdy nutné zjistit terénním průzkumem. Pozemky s mělkými půdami s hloubkou do 30 cm by neměly být využívány pro polní výrobu a z hlediska zachování jejich trvalé úrodnosti se doporučuje jejich převedení do kategorie trvalých travních porostů.

Hloubka půdy (cm)	Kód BPEJ (5. číslice kódu)	Přípustná ztráta půdy erozí (t.ha <sup>-1</sup> .rok <sup>-1</sup> )
Mělká ( $< 30$ )		1,0
Středně hluboká (30 – 60)	1, 4, 7	4,0
Hluboká ( $> 60$ )	0, 2, 3	10,0

**Tab. 3 Přípustná ztráta půdy erozí podle hloubky půdy [15]**

Dosazením zjištěných hodnot faktorů pro vyšetřovaný pozemek do univerzální rovnice se určí dlouhodobá průměrná ztráta půdy vodní erozí v t.ha<sup>-1</sup>.rok<sup>-1</sup> z tohoto pozemku při současném či navrhovaném způsobu využívání. Pokud vypočtená ztráta půdy překročí hodnoty stanovené jako přípustné ztráty půdy, viz. Tab. 3, je zřejmé, že současný způsob či navrhovaný způsob využívání pozemku nezabezpečuje dostatečnou protierozní ochranu půdy. Proto je nutné uplatnit přísnější protierozní opatření, jejichž účinnost se vyjádří změnou faktorů univerzální rovnice, které příslušná opatření ovlivňují a opětovným výpočtem se přesvědčit, zda navržená ochranná opatření jsou dostatečná a zajišťují snížení dlouhodobé ztráty půdy erozí pod úroveň přípustné ztráty půdy. [15]

### 5.1.1 Faktor erozní účinnosti přívalového deště (R)

Faktor erozní účinnosti deště R byl v USA odvozen na základě velkého množství dat o dešťových srážkách. Data ukazují, že jsou-li ostatní faktory USLE konstantní, je ztráta půdy z obdělávaného pozemku přímo úměrná součinu celkové kinetické energie přívalového deště (E) a jeho maximální 30-ti minutové intenzity ( $i_{30}$ ):

$$R = E \cdot i_{30}/100$$

kde

R ... faktor erozní účinnosti deště ... [MJ.ha<sup>-1</sup>.cm.h<sup>-1</sup>]

E ... celková kinetická energie deště ... [J.m<sup>-2</sup>]

$i_{30}$  ... max. 30minutová intenzita deště ... [cm.h<sup>-1</sup>]

Faktor erozní účinnosti srážek R tedy závisí na četnosti výskytu srážek, jejich kinetické energii, intenzitě a úhrnu.

Roční hodnota faktoru R se určuje z dlouhodobých záznamů o srážkách a představuje součet erozní účinnosti jednotlivých přívalových dešťů, které se v daném roce vyskytly, přičemž se neuvažují deště s úhrnem menším než 12,5 mm a pokud v průběhu 15ti-minut nespadlo alespoň 6,25 mm a musí být oddělené od ostatních dešťů dobou delší než 6 hodin. [15]

Průměrná roční hodnota faktoru R v našich podmínkách je vlastně hodnotou faktoru R za vegetační období, neboť přívalové deště se u nás vyskytují pouze od konce dubna do počátku října. Dříve byla používána průměrná hodnota pro ČR  $R = 20$ , dnes se doporučuje používat spíše  $R = 40$ . [13]

Měsíc	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.
% faktoru R	0,5	10	23	32	27	7	0,5

**Tab. 4 Rozdělení R faktoru do měsíců vegetačního období [15]**

### 5.1.2 Faktor erodovatelnosti půdy (K)

Vlastnosti půdy ovlivňují infiltrační schopnost půdy a odolnost půdních agregátů proti rozrušujícímu účinku dopadajících kapek deště a transportu povrchově odtékající vodou. Faktor erodovatelnosti půdy K (resp. náchylnosti půdy k erozi) je v USLE

definován jako ztráta půdy ze standardního pozemku vyjádřená v  $t \cdot ha^{-1}$  na jednotku faktoru erozní účinnosti deště  $R$ .

Faktor erodovatelnosti půdy lze stanovit třemi postupy:

1. podle vzorce,
2. podle nomogramu,
3. přibližně podle hlavních půdních jednotek (HPJ) bonitační soustavy půd.

U prvních dvou postupů stanovení je třeba mít k dispozici základní údaje o dané půdě, případně výsledky rozborů přímo v terénu odebraných směsných půdních vzorků z šetřeného pozemku. Pro rámcové posouzení erozní ohroženosti je možné i použít přibližné stanovení  $K$  faktoru podle HPJ bonitační soustavy půd. [15]

Pro účely diplomové práce byly faktory  $K$  stanoveny přibližně podle kódu BPEJ.

### **5.1.3 Faktory délky a sklonu svahu ( $L$ , $S$ )**

Vliv sklonu a délky svahu na intenzitu eroze vyjádřili Wischmeier a Smith (1965) kombinací faktoru sklonu svahu  $S$  a faktoru délky svahu  $L$ , tzv. topografickým faktorem  $LS$ . Tento faktor představuje poměr ztráty půdy na vyšetřovaném pozemku ke ztrátě půdy na standardním pozemku o délce 22 m a sklonu 9%. Intenzita eroze se zvyšuje s rostoucí délkou svahu, která je definována jako horizontální vzdálenost od místa vzniku povrchového odtoku k bodu, kde se sklon svahu snižuje natolik, že začne ukládání erodovaného materiálu nebo se plošný odtok soustředí do dráhy soustředěného odtoku. Ztráta půdy se zvyšuje se vzrůstajícím sklonem svahu, a to rychleji než je tomu u délky svahu.

$LS$  faktor se stanoví na základě situování odtokových výpočtových linií, které se navrhují v rámci celků erozně uzavřených, případně na jednotlivých pozemcích kolmo na vrstevnice tam, kde se předpokládá nejvyšší hodnota kombinace  $LS$ . K rozdělení území na celky erozně uzavřené a k návrhu průběhu linií byl použit digitální model terénu ArcGIS. Následně byl pro výpočet  $LS$  faktoru použit program USLE 2D.

Program USLE 2D pro výpočet  $LS$  faktoru vyžaduje jako vstupní data DMT a grid erozně uzavřených celků. V programu je  $LS$  faktor počítán zvlášť pro každý rastrový element.  $LS$  faktor byl počítán standardní metodou výpočtu v RUSLE „LS Algorithm: McCool“. Jelikož program pracuje pouze s daty ve formátu Idrisi (\*.rst), je nutné pro převod použít program  $LS$  – converter.

### **Teoretická východiska metody USLE 2D**

Podle Foster & Wischmeiera (1974) se výpočet faktoru LS, pro nepravidelné svahy provádí na základě vztahu:

$$LS = \sum_{j=1}^N \frac{S_j \cdot \lambda_j^{m+1} - S_j \cdot \lambda_{j-1}^{m+1}}{(\lambda_j - \lambda_{j-1}) \cdot (22.13)^m}$$

kde:

$S_j$  ... S faktor pro j-tý segment (m/m)

$\lambda_j$  ... vzdálenost ze spodní hranice j-tého segmentu k jeho horní hranici (m) [16]

#### **5.1.4 Faktor ochranného vlivu vegetace (C)**

Vliv vegetačního pokryvu na smyv půdy se projevuje jednak přímo ochranou povrchu půdy před destruktivním působením dopadajících dešťových kapek a zpomalováním rychlosti povrchového odtoku nebo nepřímo působením vegetace na půdní vlastnosti, zejména na pórovitost a propustnost, včetně omezení možnosti zanášení pórů jemnými půdními částicemi a mechanickým zpevněním půdy kořenovým systémem.

Ochranný vliv vegetace je přímo úměrný pokryvnosti a hustotě porostu v době výskytu přívalových dešťů (měsíce duben – září). Proto dokonalou protierozní ochranu představují porosty trav a jetelovin, zatímco běžným způsobem pěstované širokořádkové plodiny (kukuřice, okopaniny, sady a vinice) chrání půdu nedostatečně.

V rámci analýzy erozního smyvu byla použita hodnota C faktoru 0,216 stanovená pro ornou půdu pro daný klimatický region 6. V případě TTP (trvalého travního porostu) je hodnota C rovna 0,005. [13]

#### **5.1.5 Faktor účinnosti protierozních opatření (P)**

Jelikož nebyla navržena žádná protierozní opatření, bylo počítáno s hodnotou faktoru  $P = 1$ .



## 5.2 Metoda čísel odtokových křivek CN

Metoda čísel odtokových křivek (CN – Curve Number) představuje jednoduchý srážkoodtokový model s poměrně snadno dosažitelnými vstupy, dostatečně přesný, použitelný pro stanovení objemu přímého odtoku a kulminačního průtoku způsobeného návrhovým přívalovým deštěm o zvolené pravděpodobnosti výskytu v zemědělsky využívaných povodích, či jejich částech o ploše do 10 km<sup>2</sup>. Metodu nelze použít pro výpočet odtoku z tání sněhu.

Přímý odtok zahrnuje odtok povrchový a odtok hypodermický. Podíly tohoto typu odtoku na celkovém odtoku se oceňují pomocí tzv. čísel odtokových křivek - CN. Čím větší hodnota CN, tím je pravděpodobnější, že se jedná o povrchový odtok. Odtok vody je ovlivněn obecně množstvím srážek, infiltrací vody do půdy, vlhkostí půdy, druhem vegetačního pokryvu, nepropustnými plochami a retencí povrchu.

Základním vstupem metody odtokových křivek je srážkový úhrn návrhového deště zvolené doby opakování, za předpokladu jeho rovnoměrného rozdělení na ploše povodí. Objem (výška) srážek je transformován na objem (výšku) odtoku pomocí čísel odtokových křivek – CN. Jejich hodnoty jsou závislé na hydrologických vlastnostech půd, vegetačním pokryvu, velikosti nepropustných ploch, intercepci a povrchové retenci.

Čísla odtokových křivek (CN) jsou určena podle:

- a) hydrologických vlastností půd rozdělených do 4 skupin: A, B, C, D, na základě minimálních rychlostí infiltrace vody do půdy bez pokryvu po dlouhodobém sycení. Pro přibližnou orientaci při zařazování půd do hydrologických skupin je možné použít kód HPJ, což bylo použito také v případě diplomové práce.
- b) vlhkosti půdy určované na základě 5denního úhrnu předcházejících srážek, resp. indexu předchozích srážek (IPS) ve 3 stupních, kdy IPS I odpovídá takovému obsahu vody v půdě, který ještě umožňuje uspokojivou orbu a obdělávání, při IPS III je půda přesycena předcházejícími dešti. Pro návrhové účely se uvažuje IPS II ve středním nasycení půdy vodou.
- c) využití půdy, vegetačního pokryvu, způsobu obdělávání a uplatnění protierozních opatření.

Změny CN lze tedy dosáhnout zavedením protierozních opatření – způsobem využití půdy, způsobem obdělávání, druhem a množstvím vegetačního pokryvu. [15]

### 5.2.1 Metoda čísel odtokových křivek CN v modifikaci modelu DesQ

Pro návrh opatření proti vodní erozi jsou základním hydrologickým podkladem maximální N-leté průtoky, vyvolané v malých nesledovaných povodích přívalovými srážkami. Metodika výpočtu  $Q_N$  v nepozorovaných profilech povodí je založena na odvození hodnot  $Q_N$  z hydrometrických pozorování ve vodoměrných stanicích. A to na základě regresních vztahů k fyzicko – geografickým charakteristikám povodí. Povodí příslušná k vodoměrným stanicím jsou však většinou řádově vyšší než zájmová povodí zemědělsky a lesnický využíváná a vyznačují se mnohem členitější hydrografickou sítí. Vliv specifických charakteristik velmi malých povodí není dle této metodiky v potřebné míře zohledňován. Vhodnější metodikou pro velmi malá povodí jsou výpočtová schémata a hydrologické modely, zohledňující specifické charakteristiky malých povodí. V praxi ještě někdy užívané empirické vzorce (dle Čerkašina či Sokolovského) jsou velmi hrubým výpočtovým schématem. Pro potřeby diplomové práce byl proto použit hydrologický model DesQ (Design Q) – Hrádek (1998).

Maximální průtoky  $Q_N$  jsou ovlivňovány příčinnými srážkami a charakteristikami povodí:

- geometrické charakteristiky,
- sklonové poměry,
- geologické a půdní poměry,
- způsob využívání pozemků,
- vegetační kryt,
- agrotechnické zásahy,
- protierozní opatření.

Maximální průtok v údolnici je odezvou na maximální přítok ze svahů, který je ovlivňován výše uvedenými charakteristikami svahů povodí.

Pomocí programu hydrologického modelu DesQ – verze 4.1, Hrádek (1998) byly v malých povodích vypočteny N-leté objemy, tvary povodňových vln a kulminační průtoky, vyvolané maximálním N-letým jednodenním srážkovým úhrnem. Zmíněná verze umožňuje výpočet maximálního odtoku z povodí, tvořeného dvěma svahy. Metodika předpokládá schematizaci přírodního povodí, které se nahrazuje jedním nebo více modelovými povodími. Modelové povodí má tvar otevřené knihy s rovinnými svahy. [13]



## 5.3 Metodika výpočtu modelu DesQ – verze 4.1

### 5.3.1 Maximální odtok ze svahu

#### Předpoklady řešení

- svah je zasažen „výpočtovým“, deštěm konstantní intenzity v době jeho trvání
- přírodní svah je schematizován rovinnou plochou, obecně ve tvaru rovnoběžníku (kosodélník, kosočtverec, obdélník, čtverec), sklon dráhy svahového odtoku je průměrný sklon přírodního svahu

#### Přítok na svah

Pro zjednodušení analytického řešení odtoku ze svahu je uvažován přítok na svah ve formě „efektivního“ deště, jehož objem  $S_e$  je rovný objemu odtoku  $O$ .

$$S_e = S - Z = O$$

kde:

$S$ ...	objem deště ...	$[m^3]$
$S_e$ ...	objem efektivního deště ...	$[m^3]$
$Z$ ...	celkové ztráty na povodí ...	$[m^3]$
$O$ ...	objem odtoku ...	$[m^3]$

Celkové „ztráty“ na povodí zahrnují:

- intercepci
- akumulaci vody v povodí (v depresích, nádržích, v pokryvu a půdě)
- infiltraci
- evapotranspiraci

#### Výška odtoku ze svahu

$$H_{so} = H_{se} = k \cdot \frac{O}{F_s}$$

kde:

$k$ ...	rozměrový součinitel, $k = 10^{-3}$	
$H_{se}$ ...	výška efektivního deště ...	$[mm]$
$H_{so}$ ...	výška odtoku ...	$[mm]$
$F_s$ ...	plocha svahu ...	$[km^2]$

**Odvození výšky odtoku  $H_{so}$ :**

**a) Dle metodiky SCS (1972)**

$$H_{so} = \frac{(H_s - R_1)^2}{H_s + R_p - R_1}$$

kde:

$H_s$  ... výška výpočtového deště ... [mm]

$R_p$  ... potenciální retence povodí ... [mm]

$$R_p = 25,4 \left( \frac{1000}{CN} - 10 \right)$$

CN ... číslo odtokové křivky ... [ - ]

$R_1$  ... retence povodí v bezodtokové fázi ... [mm]

odhad dle metodiky SCS:  $R_1 = 0,2R_p$

**b) Bilancí celkových ztrát, vyjádřenou objemovým součinitelem odtoku  $\varphi$**

$$\varphi = \frac{H_s - V_i - R_a}{H_s} \quad \dots \text{Hrádek (1981)}$$

kde:

$\varphi$  ... objemový součinitel odtoku,  $\varphi = \frac{H_{so}}{H_s}$  ... [ - ]

$V_i$  ... velikost infiltrace (uvažuje se v době trvání deště) ... [mm]

$R_a$  ... aktuální retence povodí (celkové ztráty bez infiltrace) ... [mm]

$$H_{so} = \varphi \cdot H_s$$

### Odvození charakteristik přítoku

Výška přítoku na svah  $H_{sp}$

$$H_{sp} = H_{se}$$

Doba trvání přítoku na svah  $t_{sp}$

$$t_{sp} = t_d - t_l$$

kde:

$t_d$  ... doba trvání výpočtového deště ... [min]

$t_l$  ... délka bezodtokové fáze ... [min]

$$t_l = \frac{R_l}{i_d}$$

$R_l$  ... celkové ztráty v bezodtokové fázi ... [mm]

$i_d$  ... intenzita výpočtového deště ... [mm.min<sup>-1</sup>]

Intenzita přítoku na svah  $i_{sp}$

$$i_{sp} = \frac{H_{sp}}{t_{sp}}$$

Přítoková křivka  $D^*$

vyjadřuje závislost  $i_{sp} = f(t_{sp})$  viz. Obr. 20

Doba koncentrace na svahu  $t_{sk}$

je doba, potřebná k ustálení hladiny vody na celé délce svahu. V této době dochází k soustředění odtoku z celé plochy svahu v jeho patě (uzavírajícím profilu), kde se vytvoří maximální výška vrstvy vody a jí odpovídá maximální (největší možný) odtok ze svahu.

Doba koncentrace na svahu závisí na intenzitě přítoku na svah, délce svahu, průměrném sklonu svahu  $I_s$  a drsnostní charakteristice povrchu svahu  $m$ .

$$t_{sk} = f(i_{sp}, A_s)$$

kde:

$t_{sk}$  ... doba koncentrace ... [min]

$i_{sp}$  ... intenzita přítoku ... [mm.min<sup>-1</sup>]

$A_s$  ... hydraulická charakteristika svahu ... [mm.min]

$$A_s = a^{-1} \cdot L_s$$

$L_s \dots$  půdorysný průmět dráhy svahového odtoku ... [km]

$$a = m \cdot I_s^{\frac{1}{2}}$$

$I_s \dots$  průměrný sklon svahu ... [-]

$m \dots$  drsnostní charakteristika

- dle Bazina:  $m = \frac{87}{\gamma} \dots$  [s<sup>-1</sup>]

- dle Manninga:  $m = \frac{1}{n} \dots$  [m <sup>$\frac{1}{3}$</sup> ·s<sup>-1</sup>]

Vzorec pro výpočet doby koncentrace na svahu byl odvozen na základě analýzy svahového odtoku dle Eaglesona - HRÁDEK (1990):

$$t_{sk} = A_s^{\frac{1}{b}} \cdot i_{sp}^{\frac{1-b}{b}}$$

kde:

$b = 2 \dots$  při vyjádření drsnostní charakteristiky svahu dle Bazina

$b = \frac{5}{3} \dots$  při vyjádření drsnostní charakteristiky svahu dle Manninga

Intenzita odtoku v době koncentrace  $i_{sk}$

$$i_{sk} = A_s^{\frac{1}{b-1}} \cdot t_{sk}^{\frac{b}{1-b}}$$

V době koncentrace platí:

$$i_{sk} = i_{sp}$$

Křivka koncentrace  $K_s$ :

vyjadřuje závislost  $i_{sk} = f(t_{sk})$  viz Obr. 20

### Řešení maximální intenzity odtoku ze svahu

Rozlišují se 3 varianty řešení, pro účel diplomové práce byla použita pouze varianta S1:

#### **VARIANTA S1:**

Výpočet maximální největší možné intenzity odtoku ze svahu, zvolené doby opakování. Předpokládá se, že maximální odtok je vyvolán přívalovým deštěm „kritické doby trvání“  $t_{dk}$ . Kritická doba trvání přítoku na svah  $t_{spk}$  je doba trvání „efektivního deště“ v odtokové fázi. Podmínkou vzniku maximální intenzity odtoku ze svahu je rovnost doby trvání přítoku a doby koncentrace na svahu:

$$t_{sp} = t_{spk} = t_{sk}$$

#### Řešení

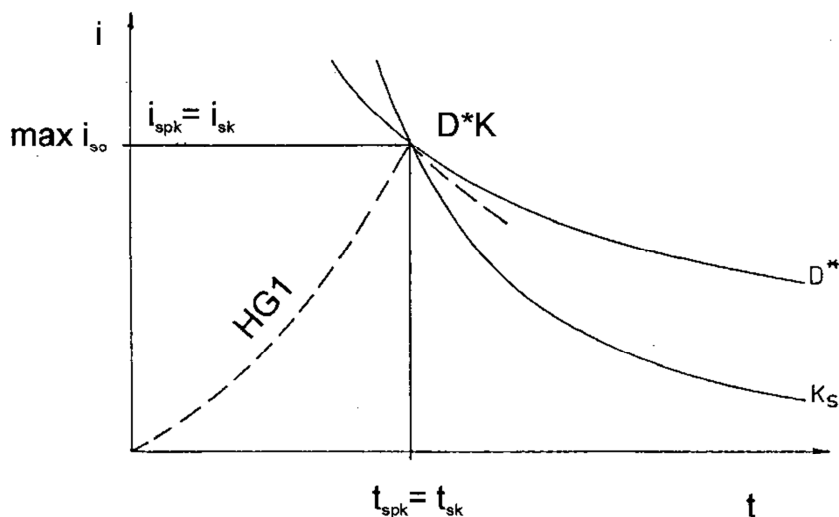
Kritická doba trvání přítoku  $t_{spk} = t_{sk}$  a odpovídající maximální intenzita odtoku  $\max i_{so} = i_{sk}$  se vypočtou řešením soustavy rovnic, vyjadřujících závislosti  $i_{sp} = f(t_{sp})$  a  $i_{sk} = f(t_{sk})$ .

Závislost  $i_{sp} = f(t_{sp})$  lze odvodit např. metodou redukce maximálních 1-denních srážkových úhrnů - Hrádek (1994).

Uvedené závislosti jsou na Obr. 20 znázorněny „přítokovou křivkou“  $D^*$  a „křivkou koncentrace“  $K_s$ . Řešením soustavy rovnic je průsečík obou křivek, označený  $D^*K$ , o souřadnicích  $[\max i_{so}, t_{sk}]$ .

Hydrogram odtoku ze svahu je označený HG1.

Maximální intenzita odtoku nastává v době ukončení přítoku  $t_{sp} = t_{spk} = t_{sk}$ .



**Obr. 20 Řešení maximální intenzity odtoku ze svahu - VARIANTA S1**

#### Hydrogram HG1

je výsledkem řešení dle VARIANTY S1, kdy je maximální intenzita odtoku ze svahu vyvolána přívalovým deštěm kritické doby trvání,  $t_d = t_{dk}$ ,  $t_{sp} = t_{spk}$

Maximální intenzita odtoku  $\max i_{so1}$ , vypočtená dle VARIANTY S1 je největší možnou intenzitou odtoku z daného svahu, která je vyvolána přívalovým deštěm zvolené doby opakování.

#### Maximální průtok ze svahu

$$Q_N = k \cdot \max i_{so} \cdot F_S$$

kde:

$Q_N \dots$	N-letý maximální průtok ...	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
$k \dots$	rozměrový součinitel, $k = 16,67$	
$F_S \dots$	plocha svahu ...	$[km^2]$
$\max i_{so} \dots$	max. intenzita odtoku doby opakování N ...	$[mm \cdot min^{-1}]$

Pro výpočet maximálního průtoku ze svahu byl odvozen hydrologický model Des Q (Design Q), jehož verze 4.1 umožňuje kromě uvedených variant výpočtu maximálního odtoku ze svahu i výpočet maximálního odtoku z povodí, tvořeného dvěma svahy.

### 5.3.2 Maximální odtok z povodí

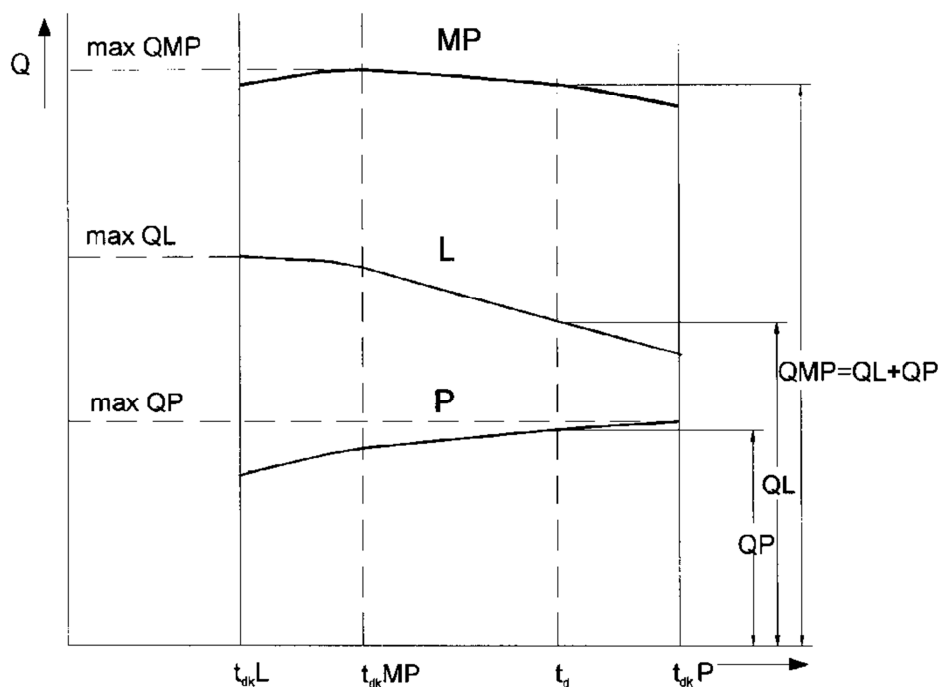
Metodika výpočtu maximálních průtoků v uzavírajícím profilu povodí předpokládá schematizaci přírodního povodí, které se nahrazuje jedním nebo více modelovými povodími (MP). Modelové povodí má tvar otevřené knihy s rovinnými svahy.

„Kritická“ doba trvání deště, vyvolávající maximální odtok z jednotlivých svahů MP se odvozuje dle metodiky, uvedené v odst. 5.3.1.

Vzhledem k tomu, že nelze předpokládat zasažení každého svahu MP příslušným deštěm „kritické“ doby trvání, je potřebné odvodit „kritickou“ dobu trvání deště pro celé povodí. Tato doba se označuje jako „výpočtová“ doba trvání deště.

#### Odvození „výpočtové doby trvání deště pro modelové povodí a výpočet maximálního průtoku

„Výpočtová“ doba trvání deště  $t_{dk}MP$  je obecně v intervalu  $\langle t_{dk}L; t_{dk}P \rangle$ . Může být rovná kritické době trvání deště, odvozené pro levý svah  $t_{dk}L$  nebo pravý svah  $t_{dk}P$ , případně může ležet uvnitř uvedeného intervalu, viz Obr. 21.



Obr. 21 Odvození výpočtové doby trvání deště  $t_d$  pro modelové povodí

Čára na Obr. 21, označená L znázorňuje průtoky z levého svahu, při volbě výpočtových dešťů pro levý svah v intervalu  $< t_{dkL}, t_{dkP} >$ . Podobně čára, označená P platí pro pravý svah. Součet vypočtených průtoků je znázorněn křivkou označenou MP.

Maximální pořadnice křivky MP představuje maximální odtok z povodí max QMP, který byl vyvolán příslušným výpočtovým deštěm doby trvání  $t_{dkMP}$ .

Naznačená metodika výpočtu maximálního (návrhového) průtoku z povodí je zpracována v programech systému hydrologického modelu DesQ - verze 4.1, Hrádek, F. (1998) a Zezulák, J. (1998). [17]

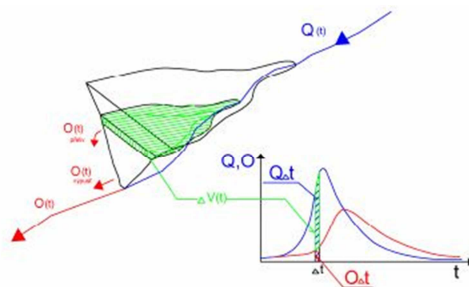
## 5.4 Stanovení objemu ochranného prostoru nádrže $V_r$

Stanovení objemu ochranného retenčního prostoru vyžaduje řešení transformačního účinku nádrže. Řešení vychází z rovnice nádrže. Cílem je stanovení retenčního prostoru ovladatelného  $V_{ro}$  a neovladatelného  $V_{rn}$ . K řešení je potřebná znalost přítoku do nádrže  $Q(t)$  (hydrogram povodně) a vyřešení odtoku vody z nádrže  $O(t)$ , který je funkcí polohy hladiny v nádrži a parametrů spodních výpustí a bezpečnostního přelivu. Dalším důležitým podkladem je určení neškodného odtoku  $O_{NE}$  pod nádrží. U malých vodních nádrží (dále jen MVN) se předpokládá nahrazený bezpečnostní přeliv. Do výpočtu retenčního účinku jsou započítávány odtoky spodními výpustmi, které bývají u MVN často bez regulačních uzávěrů. Pro suché nádrže (poldry) musí být kapacita výpustí menší než  $O_{NE}$ . Výsledek je potřeba z pohledu bezpečnosti díla přešetřit při zavřených výpustech a počáteční hladině na kótě koruny přelivu. Bezpečnostní přeliv musí tedy převést kulminační průtok N-leté povodně, na kterou je nádrž navrhovaná. U MVN se nepředpokládá ve fázi plnění retenčních prostorů řízení odtoku spodními výpustmi. Hledání velikosti objemu retenčních prostorů vede na optimalizační úlohu, kdy pro dané parametry spodní výpusti a bezpečnostního přelivu hledáme optimální rozdělení objemů retenčních prostorů tak, aby jejich velikost byla pro požadovaný retenční účinek minimální. Při řešení je potřeba respektovat určité konstrukční zásady. Plnění ovladatelného retenčního prostoru je funkcí pouze kapacity spodních výpustí, plnění retenčního prostoru neovladatelného závisí též na kapacitě přelivu. [18]

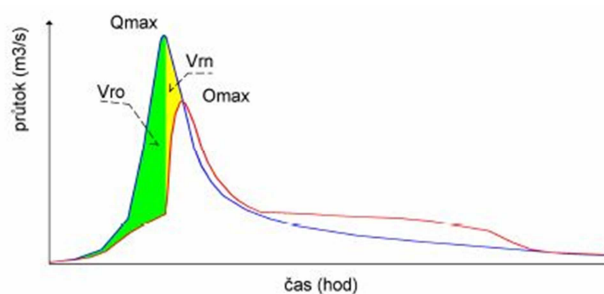


Řešení rovnice nádrže  $Q(t) - O(t) = \frac{dV(t)}{dt}$ ;  $O(t) = O(V(t))$ .

bylo provedeno tabelárním výpočtem sestaveným v tabulkovém procesoru MS Excel. Byly simulovány přítoky a odtoky z nádrže při průchodu stoleté povodně pro zadanou polohu a délku přelivné hrany a zvolený průměr spodních výpustí. Pro výpočet byla zvolena délka časového kroku 10 min pro nádrže navržené v rámci diplomové práce a 1 min u nádrží již realizovaných. Délka časového kroku výrazně ovlivňuje přesnost výpočtu. Časové řady přítoků (hydrogramy povodní) byly získány pomocí hydrologického modelu DesQ.



**Obr. 22 Transformační účinek izolované nádrže [18]**



**Obr. 23 Účinnost retenčních prostorů [18]**

## 6 VYHODNOCENÍ STÁVAJÍCÍCH PROTIEROZNÍCH A PROTIPOVODŇOVÝCH OPATŘENÍ

Celé zájmové území bylo důkladně prozkoumáno. Průzkumy byly provedeny na podzim roku 2010 a na jaře 2011. Ačkoli na území proběhla komplexní pozemková úprava (dále jen KPÚ) a řada navržených opatření je již realizována, některá problémová místa zůstávají nevyřešená. Opatření navržená v rámci KPÚ se jeví jako značně kompromisní a mnohdy nedostačující.

### 6.1 Přehled stávajících VH opatření

V katastrálním území Hať byly navrženy celkem čtyři poldry, z nichž byl prozatím realizován pouze poldr p6 U Mareše. Na území Darkovic byly navrženy a realizovány dva poldry N5 a N6. Situace jednotlivých nádrží je zřejmá z grafických příloh. V následujících kapitolách jsou realizované nádrže detailně popsány.

		$Q_{100}$ [m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]	$W_{100}$ [10 <sup>3</sup> .m <sup>3</sup> ]
Hať	Poldr p3 Pískovna	3,28	23,7
	Poldr p4 Za p. Otavovou	3,43	21,9
	Poldr p6 U Mareše	1,03	4,14
	Poldr p7 U Cigána	2,43	15,3
Darkovice	Poldr N5	1,13	8,43
	Poldr N6	1,16	8,27

**Tab. 5 Kulminační průtoky a objemy povodňových vln v uzávěrových profilech perimetrů jednotlivých nádrží před návrhem ostatních opatření**

### 6.1.1 Poldry Hat'

Na katastrálním území obce Hat' byly v rámci KPÚ navrženy celkem čtyři poldry. Realizován byl zatím pouze jeden z nich. Realizovaný poldr p6 leží severně od intravilánu obce v lokalitě U Mareše.

POLDR p6	
<b>Hydrologické údaje</b>	
plocha povodí	$P_{p\_p6} = 0,113 \text{ km}^2$
kulminační průtok	$Q_{100} = 1,03 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
objem povodně	$W_{100} = 4,14 \cdot 10^3 \text{ m}^3$
neškodný odtok	$O_{NE} = 0,20 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
<b>Funkční prostory</b>	
	H [m n. m.]      h [m]
úroveň dna	220,00      0,00
koruna přelivu	222,35 $V_{ro} = 6\,900 \text{ m}^3$ 2,35
max. hladina	222,75 $V_{rn} = 1\,150 \text{ m}^3$ 2,75
koruna hráze	223,35      3,35
<b>Sdružený funkční objekt</b>	
zátopa při $H_{max}$	$P_{z\_p6} = 0,004 \text{ km}^2$
max. stav v nádrži	$V_{max} = 3\,099 \text{ m}^3$
retenční prostor	$V_r = 8\,050 \text{ m}^3$
kapacita přelivu při $H_{max}$	$Q_{kapP} = 1,32 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
kapacita výpusti při $H_{max}$	$Q_{kapV} = 0,21 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
délka přelivné hrany	$b = 3,0 \text{ m}$
průměr výpusti	$d_v = 0,2 \text{ m}$
<b>Parametry hráze</b>	
výška hráze	$H_H = 3,35 \text{ m}$
délka hráze v koruně	$L_H = 75 \text{ m}$
objem hráze	$V_H = 2100 \text{ m}^3$
<b>Technickoeconomické ukazatele</b>	
objemový ukazatel	$\mu = 3,8$
<b>Cena</b>	
celková cena v mil. Kč	neuvedena

Tab. 6 Technické a hydrologické parametry poldru p6

### 6.1.2 Poldry Darkovice

Na jihovýchodním okraji katastrálního území obce Darkovice v lokalitě Záhumník jsou realizovány dvě suché nádrže N5 a N6. Nádrže jsou od sebe vzdáleny cca 150 m a jsou situovány těsně pod okrajem lesa.

POLDR N5	
<b>Hydrologické údaje</b>	
plocha povodí	$P_{p\_N5} = 0,288 \text{ km}^2$
kulminační průtok	$Q_{100} = 1,13 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
objem povodně	$W_{100} = 8,43 \cdot 10^3 \text{ m}^3$
neškodný odtok	$O_{NE} = 0,45 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
<b>Funkční prostory</b>	
	$H \text{ [m n. m. ]} \quad h \text{ [m]}$
úroveň dna	247,50 0,00
koruna přelivu	252,08 $V_{ro} = 10\,702 \text{ m}^3$ 4,58
max. hladina	252,30 $V_{rn} = 1\,305 \text{ m}^3$ 4,80
koruna hráze	252,83 5,33
<b>Sdružený funkční objekt</b>	
zátopa při $H_{\max}$	$P_{z\_N5} = 0,006 \text{ km}^2$
max. stav v nádrži	$V_{\max} = 4\,007 \text{ m}^3$
retenční prostor	$V_r = 12\,007 \text{ m}^3$
<b>Sdružený funkční objekt</b>	
kapacita přelivu při $H_{\max}$	$Q_{kapP} = 1,19 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
kapacita výpusti při $H_{\max}$	$Q_{kapV} = 0,55 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
délka přelivné hrany	$b = 6,4 \text{ m}$
průměr výpusti	$d_v = 0,3 \text{ m}$
<b>Parametry hráze</b>	
výška hráze	$H_H = 5 \text{ m}$
délka hráze v koruně	$L_H = 54 \text{ m}$
objem hráze	$V_H = 2620 \text{ m}^3$
<b>Technickoeconomické ukazatele</b>	
objemový ukazatel	$\mu = 4,1$
<b>Cena</b>	
celková cena v mil. Kč	1,464

Tab. 7 Technické a hydrologické parametry poldru N5



## 6.2 Popis a vyhodnocení technických parametrů stávajících opatření

### 6.2.1 Vodohospodářská opatření

#### *Poldry Hať*

Na katastrálním území obce Hať byly v rámci KPU navrženy celkem čtyři poldry. Realizován byl zatím pouze jeden z nich a to poldr p6 ležící severně od intravilánu obce v lokalitě U Mareše. Se sběrnou plochou pouze 0,113 km<sup>2</sup> a objemem povodně 4.10<sup>3</sup> m<sup>3</sup> se poldr p6 jeví jako nejméně potřebný. A to i z hlediska ochrany majetku a zdraví osob, neboť dle terénního průzkumu nezasáhne povodňová vlna intravilán v takové míře, jako v případě zbylých kritických profilů. Na území obce se nachází kritické profily, jejichž řešení by bylo vhodné upřednostnit. Kritický profil v místě návrhu poldru p3 Pískovna, s objemem povodňové vlny téměř 24.10<sup>3</sup> m<sup>3</sup>, byl shledán z hlediska dopadu na intravilán jako nejnebezpečnější.

Poldr p6 U Mareše je řešen jako zemní sypaná hráz o výšce 3,35 m se sdruženým funkčním objektem. Sdružený funkční objekt je opatřen výpustí o DN 200. Před vtokem do výpusti není uvažován sedimentační prostor a navržené sklony svahů hráze neodpovídají skutečnosti. Odtok z funkčního objektu je navržen DN 600 s vyústěním do odpadního potrubí DN 1000, které dále ústí do odpadního koryta s lichoběžníkovým příčným profilem, se šířkou ve dně 0,5 m, sklonem svahů 1:1,5 a průměrnou hloubkou 0,5 m. Pod vyústí odpadního potrubí je v délce 6,0 m provedeno zdrsnění dna lomovým kamenem loženým do betonu. Konec je zpevněn zavazovacím betonovým prahem. Odpadní koryto vede přes soukromé pozemky a je zaústěno do obecní kanalizace potrubím o DN 400. [20]

## ***Poldry Darkovice***

Na jihovýchodním okraji katastrálního území obce Darkovice v lokalitě Záhumník jsou realizovány dvě suché nádrže N5 a N6. Nádrže jsou od sebe vzdáleny cca 150 m a jsou situovány těsně pod okrajem lesa. Les také pokrývá většinu jejich sběrné plochy, která činí v případě poldru N5 0,289 km<sup>2</sup> a u poldru N6 0,285 km<sup>2</sup>. Nádrže jsou navrženy tak, že pojmu celý objem stoleté povodně při zavřených výpustech. Jak bylo zjištěno, výpusti jsou permanentně uzavřeny. Pravděpodobně se tak děje z důvodu žádoucího zadržení vody, které má podpořit existenci navržených mokřadních biotopů v zátopě nádrží. Otevřené výpusti by umožnily neškodný odtok během povodně a výrazně by snížily nároky na retenční objemy nádrží. Uzavřená výpust navíc vyžaduje obsluhu při nástupu povodně. Obě dvě nádrže jsou totožně technicky řešené. Jedná se o sypané zemní hráze o výšce 5 m. Homogenní hráze jsou navrženy s jílovým návodním těsněním. Dle TNV 75 2415 použití návodního těsnění sypané hráze (zemního i z umělých materiálů) se pro hráze suchých nádrží nedoporučuje. Pokud by bylo použito, je nutno navrhnout opatření, která eliminují nepříznivý vliv dlouhodobého vystavení těsnícího prvku suchu v kombinaci s náhlým zatopením při povodni. Hráze jsou opatřeny sdruženými funkčními objekty a nouzovými bezpečnostními přelivy. Sdružený funkční objekt se skládá z výpusti DN 300 a bezpečnostního přelivu s nezaoblenou přelivnou hranou. Odpadní potrubí nejsou opatřena diafragmou ani zavzdušňovacím potrubím. Absence těchto opatření může vést ke vzniku kavitace v důsledku podtlaku a k nežádoucím vibracím. Následkem tak může být narušování a odtrhávání částí betonového potrubí. Bezpečnostní přeliv má být podle prováděcí dokumentace opatřen česlemi. Takovýto návrh je nevhodný z důvodů jejich rychlého zanesení hydrosměsí. Průzkum však ukázal, že tato část návrhu nebyla realizována. Dle průzkumu nedošlo i k několika dalším realizacím prvků jako jsou stabilizační prahy v odpadních korytech a zpevnění nouzového bezpečnostního přelivu. Nouzový bezpečnostní přeliv je navržen jako lichoběžníkový profil umístěný v koruně hráze zpevněný betonem. Dle průzkumu se jedná o snížení koruny hráze o 0,5 m v délce 10 m. K betonáži došlo, dnes však již práh není téměř viditelný, neboť je z velké části zarostlý. Velkým nedostatkem je absence skluzu. Pokud dojde k přelití nouzového bezpečnostního přelivu, návrh uvažuje možný vznik erozních rýh na hrázi, které budou dle návrhu následně řešeny opravou. Takovýto návrh je nejen z technického hlediska nepřijatelný. Návrh předpokládá porušení tělesa hráze přelitím, což může vést až k destrukci hráze s následným ohrožením zdraví osob a majetku. Dalším nedostatkem je absence opatření k tlumení energie v odpadním korytě za hrází, které by bylo vhodné řešit

alespoň jako bezvývarové v podobě zdrsnění dna. Odpadní koryta jsou napojena do svodného příkopu, který je dále v intravilánu zaústěn do kanalizace. Směrové úhly napojení odpadních koryt na svodný příkop jsou  $107^\circ$  a  $125^\circ$ . Takové úhly vyžadují výrazné opevnění v místě napojení. Svodný příkop je dimenzován dostatečně. Po jeho délce jsou navrženy celkem 3 trubní propustky o DN 600, které nepřivedou požadovaný neškodný odtok z nádrží. Projektant v technické zprávě předpokládá, že může dojít k přelití příkopu i propustí povodňovou vlnou. Příkop nesvádí vodu pouze z nádrží, ale i z přilehlých svažitých pozemků, které jsou zemědělsky obdělávány. Jelikož přilehlé pozemky nejsou opatřeny protierozním opatřením, hrozí zanesení svodného příkopu. Kamenný pohoz v příkopu může být, díky jeho malé frakci, při větších průtocích odnášen. Vtok do kanalizace není opatřen žádným sedimentačním prostorem. Vtok by měl být řešený jako horská vpust.

Návrh postrádá důležité prvky a předpokládá vznik poruch. Pokud však navrhujeme stavby nové, měli bychom se vyvarovat podobných kompromisů a nedostatečných řešení, která vedou k dalším investicím v podobě oprav. Stejně tak by ekonomické stránce návrhu napomohla změna situování hráze, která by mohla být pouze jedna. Nádrž by měla větší sběrnou plochu než obě dvě nádrže současné. Navíc by se tím vyřešil problém nepříznivých směrových poměrů odpadních koryt z obou nádrží. Návrh nádrží N5 a N6 i liniových prvků, které z nich odvádějí vodu je neekonomický a z výše zmíněných důvodů je hodnocen jako nevyhovující. Technická zpráva obsahuje informace, které místy nekorespondují s výkresovou prováděcí dokumentací.



## **6.2.2 Opatření proti vodní erozi**

### **Organizační opatření**

V rámci KPU byl proveden návrh převedení některých svažitéjších pozemků na trvalý travní porost. Výpočet průměrného ročního erozního smyvu byl prováděn s velice přibližnými daty. Pro faktor erozní účinnosti deště  $R$  byla použita průměrná hodnota mezi stanicemi Ostrava a Opava  $10,6 \text{ MJ} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$ . Dříve doporučovaná roční průměrná hodnota  $R$  faktoru pro ČR byla  $20 \text{ MJ} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$ . Dnes je dle metodiky Ochrana zemědělské půdy před erozí [19] doporučeno používat hodnotu  $40 \text{ MJ} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$ . V sedmi lokalitách bylo navrženo vyloučení erozně nebezpečných plodin – širokořádkových kultur. Při průzkumu bylo zjištěno nedodržení doporučení. Například v lokalitě za p. Otavovou, jižně od centra intravilánu, byl během průzkumu zjištěn výsev kukuřice. Kukuřice je pěstována na svahu dlouhém 1200 m s průměrným sklonem 9 %, místy sklon dosahuje až 18 %. Dle průzkumu jsou v zájmovém území pěstovány převážně obiloviny. Orba je však prováděna po spádnicí. Protierozní směr orby po vrstevnici (případně šikmo ke směru vrstevnic, max.  $30^\circ$  odklon) by snížil erozní ohroženost pozemků.

### **Agrotechnická opatření**

V sedmi lokalitách byla navržena agrotechnická opatření obsahující doporučení provádět podmítku až v září, pravidelné hnojení organickými hnojivy, výsev ozimé pšenice přednostně na počátku agrotechnické lhůty a bezorebné způsoby hospodaření. Aplikaci doporučených postupů nebylo možné ověřit.

### **Biotechnická opatření**

Byla navržena stabilizace drah soustředěného odtoku zatravněním a několik zasakovacích travních pásů podél příkopů.

### 6.3 Fotodokumentace



**Obr. 24 Suchá nádrž N5, Darkovice**



**Obr. 25 Odpadní koryto z N5**





**Obr. 26 Suchá nádrž N6, Darkovice**

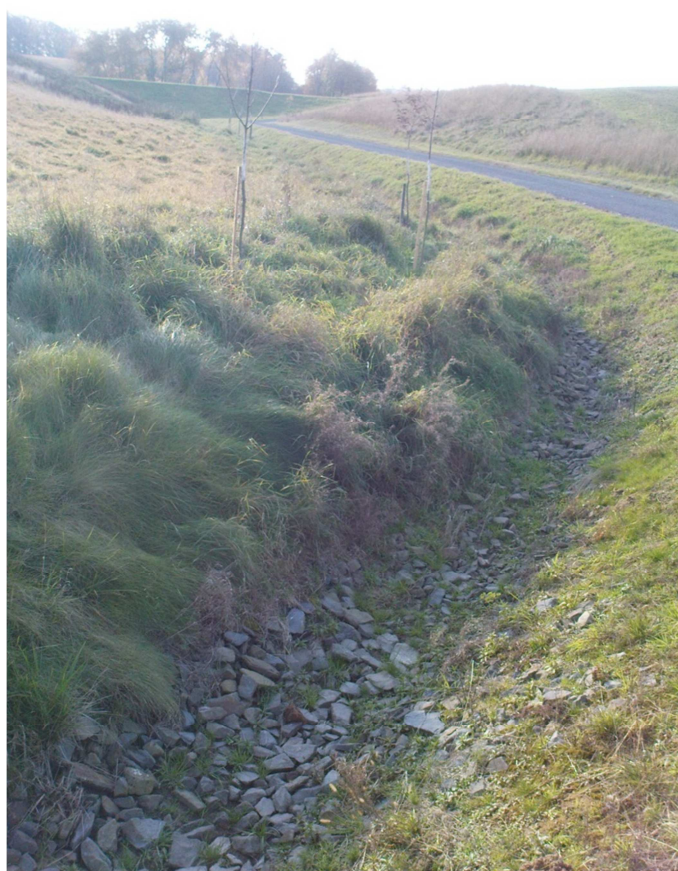


**Obr. 27 Nouzový bezpečnostní přeliv N6**





**Obr. 28 Napojení odpadních koryt z poldrů N5 a N6 do svodného příkopu V11**



**Obr. 29 Svodný příkop V11, Darkovice**





**Obr. 30 Vtok V11 do kanalizace DN800**



**Obr. 31 Umístění poldrů Darkovice**





**Obr. 32 Nádrž nad koupalištěm, kritické subpovodí 2, Darkovice**



**Obr. 33 Nádrž u koupaliště, kritické subpovodí 2, Darkovice**





**Obr. 34 Suchá nádrž p6, Hať lokalita U Mareše**

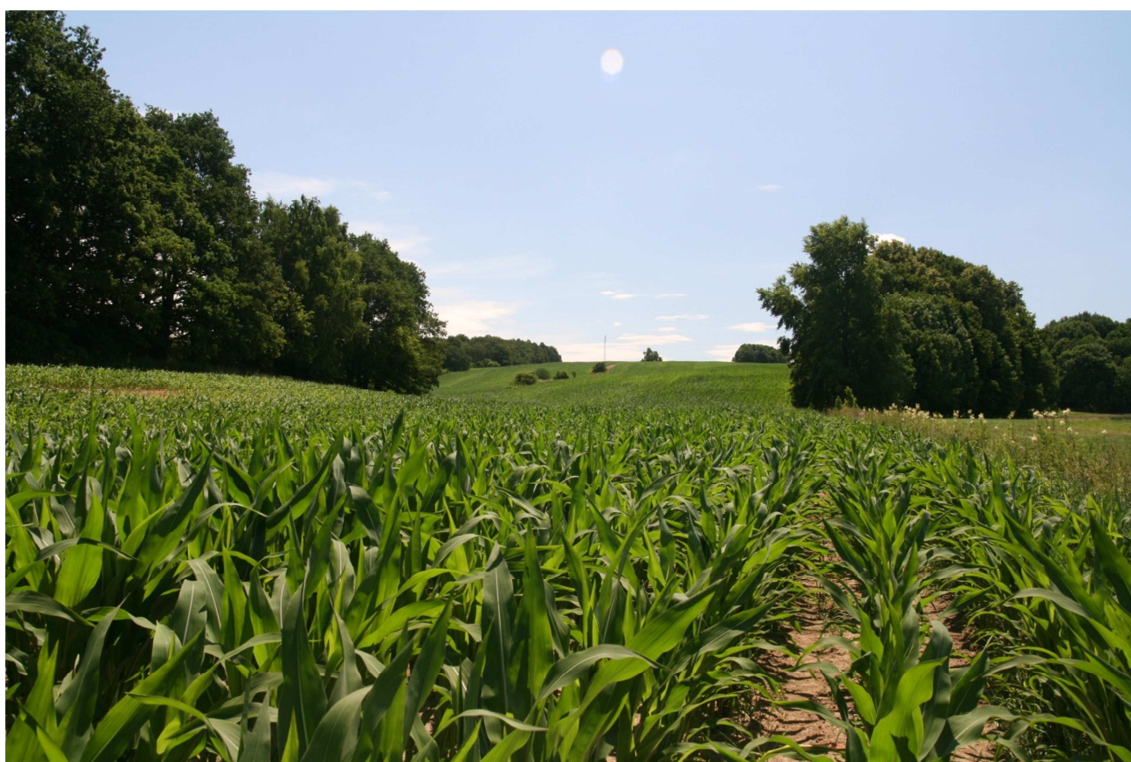


**Obr. 35 Obdělávání po spádnici, Hať**





**Obr. 36** Provizorní ohrázování koňského výběhu, kritické subpovodí 11, Hať



**Obr. 37** Kukuřice, kritické subpovodí 7, Hať lokalita za p.Otavovou



## 6.4 Vyhodnocení účinnosti realizovaných opatření

### 6.4.1 Vodohospodářská opatření

V rámci KPU bylo navrženo celkem šest suchých nádrží, z nichž pouze tři jsou realizovány a které také byly hodnoceny. Jedná se o dva poldry N5 a N6 v Darkovicích v lokalitě Záhumník a poldr p6 v Hati U Mareše.

#### *Poldr p6 U Mareše*

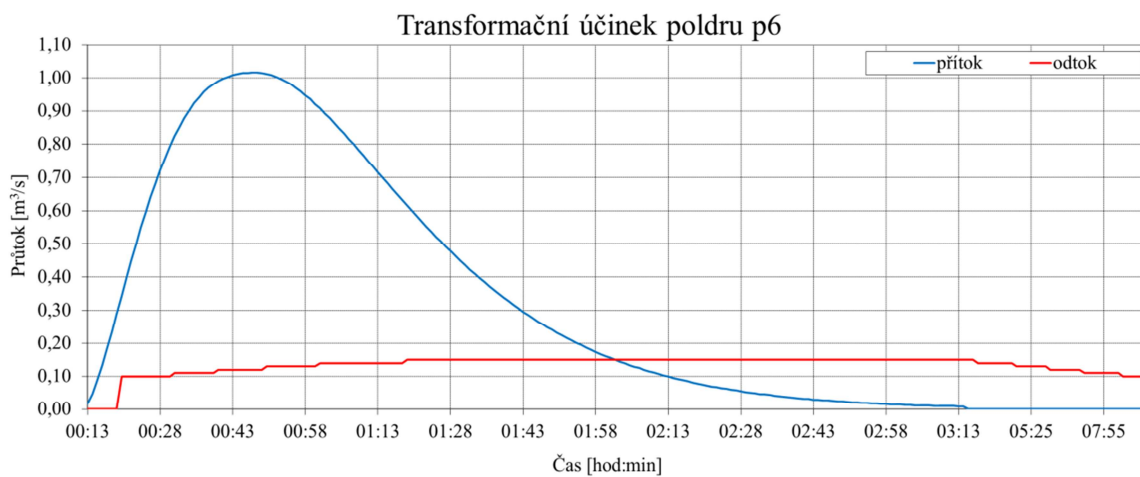
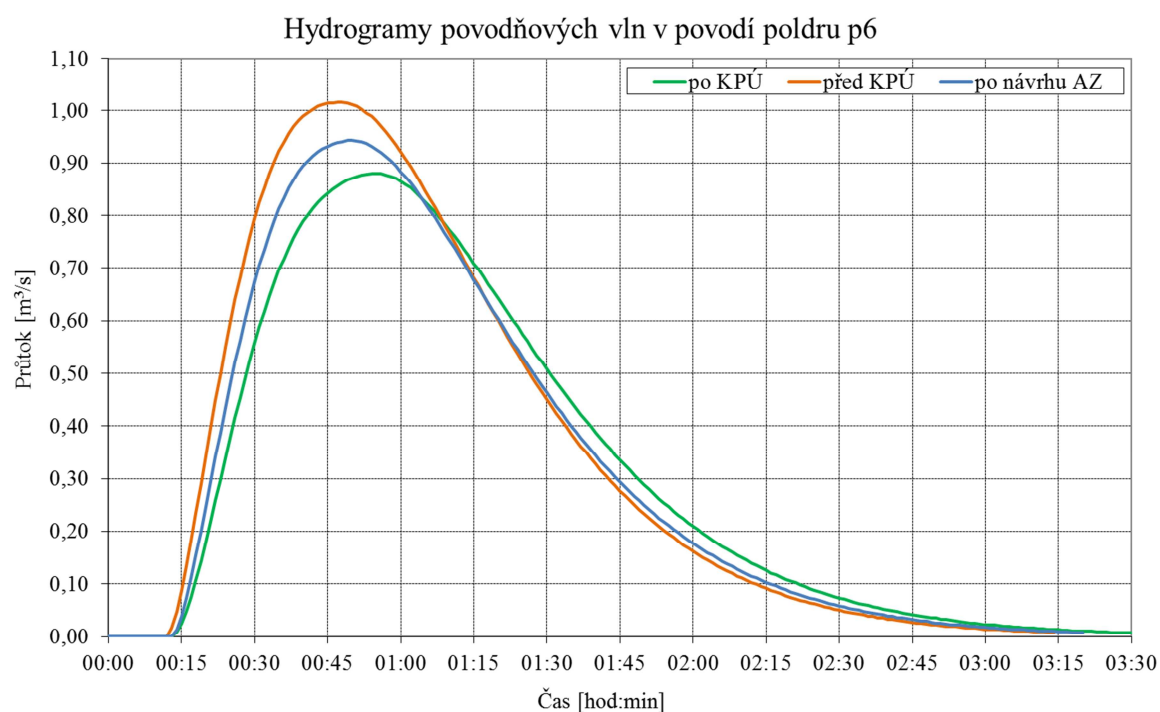
Poldr p6 leží severně od intravilánu obce v lokalitě U Mareše. Se sběrnou plochou pouze 0,113 km<sup>2</sup> a objemem povodně 4.10<sup>3</sup> m<sup>3</sup> se poldr p6 jeví jako nejméně potřebný. Na území obce se nachází kritické profily, jejichž řešení by bylo vhodné upřednostnit. Poldr je řešen jako zemní sypaná hráz o výšce 3,35 m se sdruženým funkčním objektem. Sdružený funkční objekt je opatřen výpustí o DN200. Před vtokem do výpusti není vyřešen sedimentační prostor a navržené sklony svahů hráze neodpovídají skutečnosti. Poldr je stejně jako ostatní nádrže řešen tak, že pojme celý objem stoleté povodňové vlny bez průběžného odtoku během povodně. Kdyby výpust byla trvale otevřená, nevyžadovala by obsluhu a během povodně by převedla neškodný odtok z nádrže. Snížily by se tak požadavky na objem retenčního prostoru nádrže a nádrž by dokázala vyhovět i po stránce technickoekonomické. Současný poměr objemu hráze a objemu retenčního prostoru je menší než 1:4 a nádrž tedy nevyhovuje technickoekonomickým požadavkům.

<b>POLDR p6 U Mareše</b>		
Objemový ukazatel $\mu$ by měl mít min. hodnotu 4, optimálně však 10		
<b>Výpočet</b>		
$V_r =$	8050	m <sup>3</sup>
$V_H =$	2100	m <sup>3</sup>
$\mu =$	3,8	nevyhovující
<b>Data deklarovaná TZ</b>		
$V_r =$	7200	m <sup>3</sup>
$V_H =$	2100	m <sup>3</sup>
$\mu =$	3,4	nevyhovující

**Tab. 9 Poldr p6 – objemový ukazatel**

POLDR p6 U Mareše		
	Data deklarovaná TZ	Data vypočtená
<b>kulminační průtok</b>	$Q_{100} = 1,15 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q_{100} = 1,03 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
<b>objem povodně</b>	$W_{100} = 7,02 \cdot 10^3 \cdot \text{m}^3$	$W_{100} = 4,14 \cdot 10^3 \cdot \text{m}^3$
<b>retenční objem</b>	$V_r = 7,20 \cdot 10^3 \cdot \text{m}^3$ navržený KPÚ	$V_r = 3,10 \cdot 10^3 \cdot \text{m}^3$ dle výpočtu dostačující
<b>kapacita přelivu</b>	$Q_{\text{kapP}} = 1,15 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q_{\text{kapP}} = 1,32 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
<b>kapacita výpusti</b>	$Q_{\text{kapV}} = 0,2 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q_{\text{kapV}} = 0,21 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

Tab. 10 Poldr p6 – srovnání vypočtených a deklarovaných dat



## ***Poldry N5 a N6 Darkovice***

Na jihovýchodním okraji katastrálního území obce Darkovice v lokalitě Záhumník jsou realizovány dvě suché nádrže N5 a N6. Nádrže jsou od sebe vzdáleny cca 150 m a jsou situovány těsně pod okrajem lesa, který pokrývá většinu jejich sběrné plochy. Nádrže jsou navrženy tak, že pojmu celý objem stoleté povodně při zavřených výpustech. Což je zbytečné. Návrh postrádá řadu důležitých prvků a předpokládá vznik poruch. Pokud však navrhujeme stavby nové, měli bychom se vyvarovat podobných kompromisů a nedostatečných řešení, která vedou k dalším investicím v podobě oprav. Návrh nádrží N5 a N6 i liniových prvků, které z nich odvádějí vodu je neekonomický a z výše zmíněných důvodů je hodnocen jako nevyhovující.

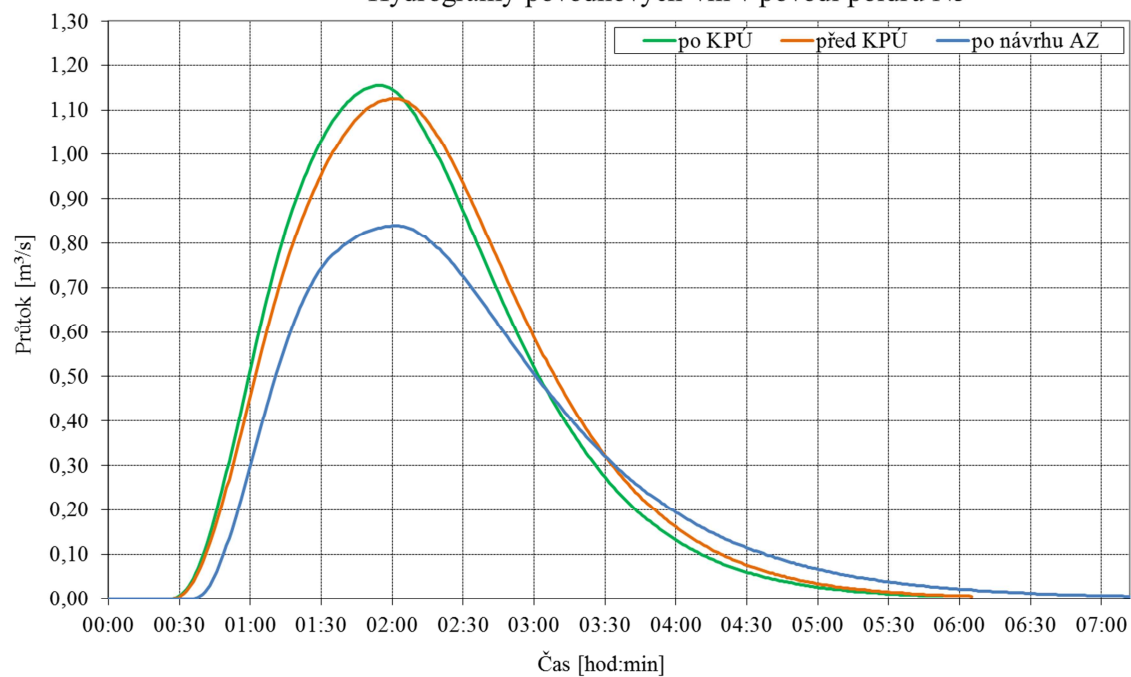
POLDR N5			POLDR N6		
Objemový ukazatel μ by měl mít min. hodnotu 4, optimálně však 10					
Výpočet					
V <sub>r</sub> =	10702	m <sup>3</sup>	V <sub>r</sub> =	12900	m <sup>3</sup>
V <sub>H</sub> =	2620	m <sup>3</sup>	V <sub>H</sub> =	3289	m <sup>3</sup>
μ =	4,1	vyhovující	μ =	3,9	nevyhovující
Data deklarovaná TZ					
V <sub>r</sub> =	14000	m <sup>3</sup>	V <sub>r</sub> =	12000	m <sup>3</sup>
V <sub>H</sub> =	2620	m <sup>3</sup>	V <sub>H</sub> =	3289	m <sup>3</sup>
μ =	5,3	vyhovující	μ =	3,6	nevyhovující

**Tab. 11 Poldry N5 a N6 – objemový ukazatel**

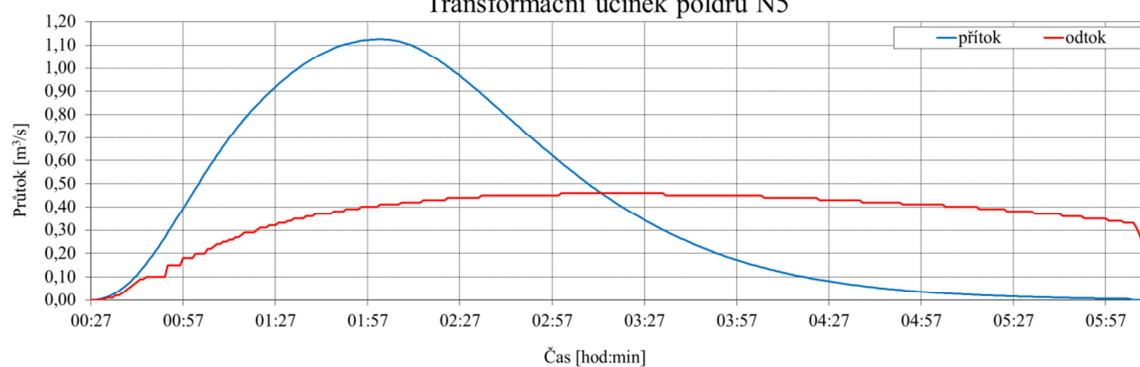
	<b>subpovodí kP4 POLDRY N5 a N6</b>			
	<b>Data deklarovaná TZ</b>		<b>Data vypočtená</b>	
<b>kulminační průtok</b>	$Q_{100} =$	3,02 $m^3 \cdot s^{-1}$	$Q_{100} =$	2,29 $m^3 \cdot s^{-1}$
<b>objem povodně</b>	$W_{100} =$	neuvedeno	$W_{100} =$	16,70 $10^3 \cdot m^3$
<b>retenční objem</b>	$V_r =$	26,00 $10^3 \cdot m^3$ navržený KPÚ	$V_r =$	7,79 $10^3 \cdot m^3$ dle výpočtu dostačující
<b>kapacita přelivu</b>	$Q_{kapPN5} =$	1,54 $m^3 \cdot s^{-1}$	$Q_{kapPN5} =$	1,19 $m^3 \cdot s^{-1}$
	$Q_{kapPN6} =$	1,33 $m^3 \cdot s^{-1}$	$Q_{kapPN6} =$	1,04 $m^3 \cdot s^{-1}$
<b>kapacita výpusti</b>	$Q_{kapVN5} =$	0,49 $m^3 \cdot s^{-1}$	$Q_{kapVN5} =$	0,55 $m^3 \cdot s^{-1}$
	$Q_{kapVN6} =$	0,54 $m^3 \cdot s^{-1}$	$Q_{kapVN6} =$	0,57 $m^3 \cdot s^{-1}$

**Tab. 12 Poldry N5 a N6 – srovnání vypočtených a deklarovaných dat**

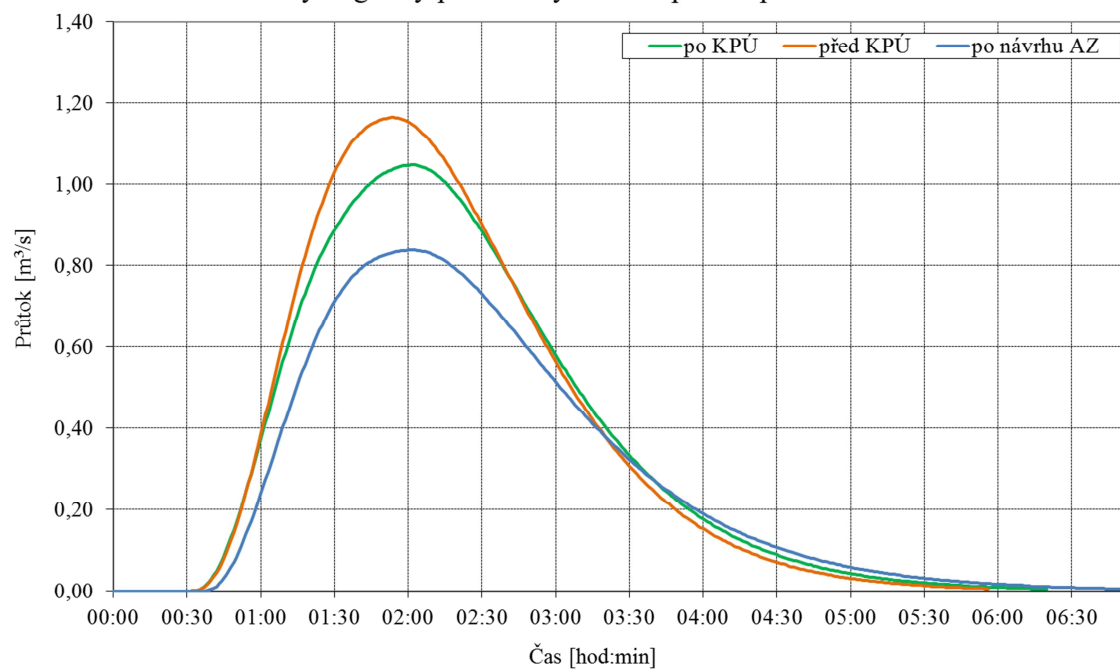
### Hydrogramy povodňových vln v povodí poldru N5



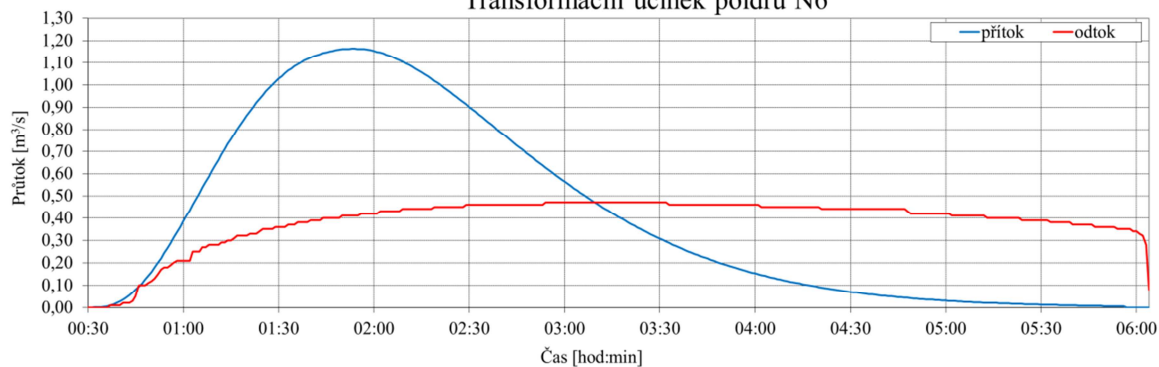
### Transformační účinek poldru N5



Hydrogramy povodňových vln v povodí poldru N6



Transformační účinek poldru N6



#### 6.4.2 Protierozní opatření organizační a agrotechnická

Komplexní pozemková úprava nepřinesla dostatek opatření, která by půdu dostatečně chránila před vodní erozí. Dle průzkumu nejsou v krajině s výjimkou poldrů žádné výrazné ochranné prvky. Snahou diplomové práce bylo řešit problémová místa a nabídnout možná řešení v několika podobách tak, aby se průměrná roční ztráta eroze snížila pod přípustnou mez  $10 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ .

SUBPOVODÍ					ÚDOLNICE	
Ozn	Sklon [%]	Plocha [ $\text{km}^2$ ]	erozní smyv G [t/ha/rok] pro R = 40		Délka [km]	Sklon [%]
			před KPÚ (2004)	po KPÚ (2011)		
kP1	7	0,258	16	15	1,108	3,88
kP2	12	1,094	21	20	1,288	3,11
kP3	10	0,113	21	20	0,511	6,46
kP4	11	0,723	27	25	1,092	4,03
kP5	9	0,730	21	19	1,331	3,76
kP6	10	0,197	24	23	0,680	5,59
kP7	10	0,715	25	24	1,497	4,07
kP8	11	0,705	22	21	1,363	4,26
kP9	8	0,461	18	19	1,372	4,01
kP10	8	0,413	19	18	0,877	5,02
kP11	11	1,734	23	19	1,818	3,19
kP12	13	0,225	32	30	0,848	5,54
kP13	11	0,354	20	19	0,949	5,06

Tab. 13 Snížení erozního smyvu v důsledku navržených opatření

## 7 VLASTNÍ NÁVRHY

Snahou návrhu je řešení problémových míst v poměrně členitém terénu zájmového území. Na základě posouzení účinnosti stávajících nádrží návrh nabízí vhodnější profily pro umístění ochranných nádrží. Navržená opatření snižují průměrné roční erozní smyvy pod přípustnou mez  $10 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ , která plyne z majoritního zastoupení hlubokých půd v zájmové oblasti. Orná půda zabírá téměř 66 % z celkové rozlohy zájmového území. S ohledem na zájmy místních hospodařících zemědělců byly vytvořeny další dvě varianty možných řešení, které půdu neochraňují v dostatečné míře a lze je tedy brát jako kompromisní. Ne všude se totiž erozní smyv sníží až pod přípustnou mez. Hodnoty C faktorů byly stanoveny orientačně, pro přesnější výpočet by bylo potřeba znát konkrétní osevní postupy.

### **Varianty návrhů**

- *Návrh AZ*
- *Optimální návrh*
- *Návrh vyhovující standardům GAEC*

Jednotlivé situace navržených opatření jsou součástí grafických příloh.

## 7.1 Návrh AZ

### 7.1.1 Protierozní agrotechnická a organizační opatření

Protože se většina orné půdy v zájmovém území nachází ve sklonu větším než 7%, je téměř všude doporučeno vyloučit erozně nebezpečné plodiny a pěstování obilovin provádět s využitím půdoochranné agrotechnologie – setí do strniště, případně ponechání slámy. Pozemky se sklonem vyšším než 20% jsou doporučeny k převedení na trvalý travní porost.

Protierozní organizační opatření				
druh opatření	označení	výměra [ha]	subpovodí	celková výměra [ha]
VENP	VENP	386,8		386,8
TTP	TTPa	6,2		29,5
	TTPb	0,9		
	TTPc	1,4		
	TTP2a	1,5	kP2	
	TTP2b	0,7		
	TTP3	1,2	kP3	
	TTP4a	0,5	kP4	
	TTP4b	0,2		
	TTP4c	0,3		
	TTP4d	0,5		
	TTP4e	0,4		
	TTP5	2,4	kP5	
	TTP7a	1	kP7	
	TTP7b	0,3		
	TTP8a	0,8	kP8	
	TTP8b	1,8		
	TTP9a	0,5	kP9	
	TTP9b	0,9		
	TTP11a	0,5	kP11	
	TTP11b	0,6		
	TTP11c	1,8		
TTP11d	2,5			
TTP12	2,6	kP12		
Protierozní agrotechnická opatření				
setí do strniště	AGPEO	386,8		386,8

Tab. 14 Navržená PE organizační a agrotechnická opatření



### 7.1.2 Protierozní biotechnická opatření

Návrh systému biotechnických opatření zahrnuje protierozní meze, vsakovací průlehy, zasakovací travní pásy a vegetační stabilizaci drah soustředěného povrchového odtoku.

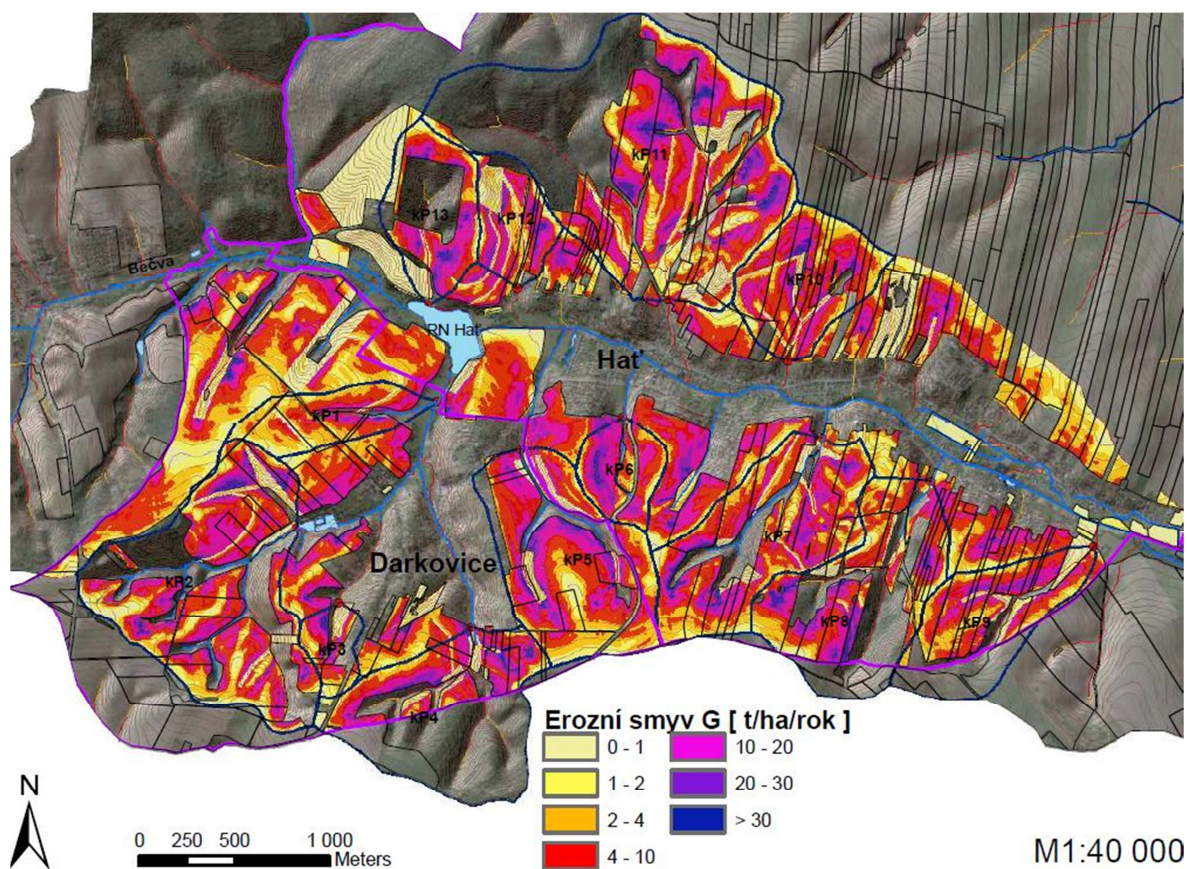
Protierozní biotechnická liniová opatření					
druh opatření	označení	délka [m]	výměra [ha]	subpovodí	celková výměra [ha]
protierozní mez	PE-mez_4	568	0,3	kP4	3,5
	PE-mez_7	304	0,3	kP7	
	PE-mez_10	372	0,4	kP10	
	PE-mez_11a	321	0,7	kP11	
	PE-mez_11b	718	0,6		
	PE-mez_12a	588	0,6	kP12	
	PE-mez_12b	634	0,6		
zasakovací průleh	zas_pruleh_1	648	0,7	kP1	1,8
	zas_pruleh_2	604	0,6	kP2	
	zas_pruleh_7	507	0,5	kP7	
zasakovací pás	zas_pas_1	306	0,9	kP1	0,9
stabilizace DSO	s_DSOa	375	2,2	U Mareše	13,3
	s_DSO_m	280	0,6		
	s_DSO2a	376	0,8	kP2	
	s_DSO2b	230	0,5		
	s_DSO2c	250	0,5		
	s_DSO4	228	0,6	kP4	
	s_DSO5a	288	0,6	kP5	
	s_DSO5b	172	0,3		
	s_DSO7	180	0,3	kP7	
	s_DSO8	186	0,4	kP8	
	s_DSO9	150	0,3	kP9	
	s_DSO10a	510	1,6	kP10	
	s_DSO10b	280	0,6		
	s_DSO11a	600	1,2	kP11	
	s_DSO11b	320	0,6		
	s_DSO11c	150	0,4		
	s_DSO11d	180	0,4		
	s_DSO12	480	1,0	kP12	
	s_DSO13	190	0,4	kP13	

Tab. 15 Navržená PE biotechnická opatření



SUBPOVODÍ						ÚDOLNICE	
Ozn	Sklon [%]	Plocha [km <sup>2</sup> ]	erozní smyv G [t/ha/rok] pro R = 40			Délka [km]	Sklon [%]
			před KPÚ (2004)	po KPÚ (2011)	po návrhu AZ		
kP1	7	0,258	16	15	6	1,108	3,88
kP2	12	1,094	21	20	8	1,288	3,11
kP3	10	0,113	21	20	7	0,511	6,46
kP4	11	0,723	27	25	10	1,092	4,03
kP5	9	0,730	21	19	8	1,331	3,76
kP6	10	0,197	24	23	11	0,680	5,59
kP7	10	0,715	25	24	8	1,497	4,07
kP8	11	0,705	22	21	9	1,363	4,26
kP9	8	0,461	18	19	7	1,372	4,01
kP10	8	0,413	19	18	8	0,877	5,02
kP11	11	1,734	23	19	8	1,818	3,19
kP12	13	0,225	32	30	8	0,848	5,54
kP13	11	0,354	20	19	8	0,949	5,06

Tab. 16 Snížení erozního smyvu v důsledku návrhu AZ



Obr. 40 Průměrná roční ztráta půdy erozí po návrhu AZ

### 7.1.3 Vodohospodářská opatření – suché ochranné nádrže

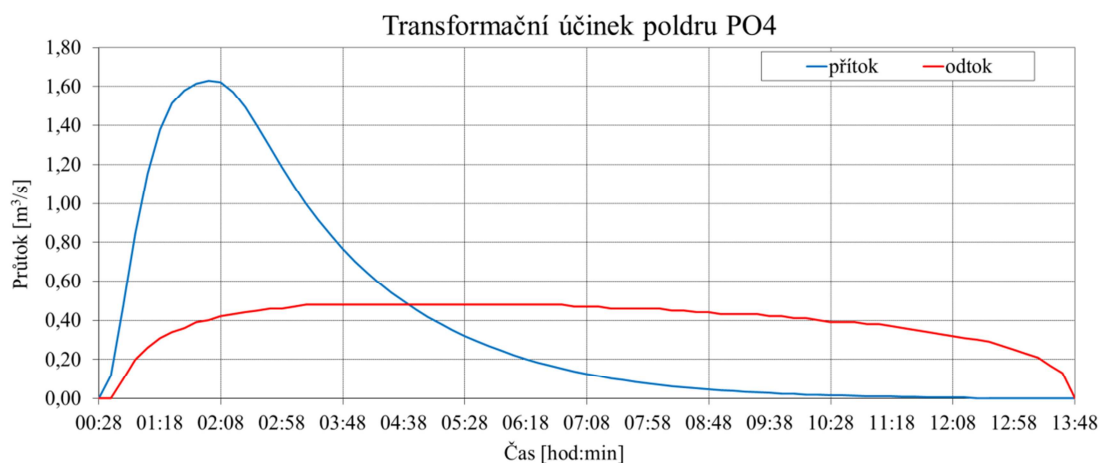
Na základě výsledků hydrologického modelu DesQ, vypočtených objemů povodňových vln, byly určeny kritické profily vhodné k umístění hrází. Pomocí tabulkového procesoru byla řešena základní rovnice nádrže. Byly simulovány stavy v nádrži při průchodu stoletou povodňovou vlnou, na jejichž základě byly stanoveny objemy jednotlivých retenčních prostorů. Návrh má za úkol posoudit transformační účinky navržených nádrží, zhodnotit technickoekonomické ukazatele a porovnat je s nádržemi, které byly realizovány v rámci KPÚ. Kompletní návrh technických parametrů hrází a funkčních objektů nebyl předmětem diplomové práce. Proto se návrh dále nezabývá hydraulickými výpočty odpadních prvků, ale pouze nastiňuje způsob jejich řešení. Poldry jsou řešené jako zemní sypané hráze se šířkou v koruně 4 m. Sklony návodního a vzdušního líce nebylo možné přesně určit, jelikož nebyly známy výsledky pedologického průzkumu. Sdružený funkční objekt se skládá ze spodní výpusti DN 300, která je opatřena jedním provozním uzávěrem, a kašnového bezpečnostního přelivu. Přelivná hrana je zaoblená, poloměr zaoblení je 250 mm. Délky přelivných hran se u jednotlivých nádrží liší (jsou uvedeny v následujících tabulkách). Kapacity bezpečnostních přelivů byly navrženy tak, aby neškodně převedly kulminační průtok  $Q_{100}$ . Normální retenční hladina se nachází na úrovni přelivné hrany. Maximální přípustná hladina se pak nachází 0,15 m nad korunou přelivu, v případě poldru PO4 pouze 0,1 m. Koruna hráze je bezpečnostně převýšena o 0,5 m nad maximální hladinou. Poldry by měly neškodně převést objem stoleté povodňové vlny. Vtok do odpadní štolky bude opatřen diafragmou a zavzdušňovacím potrubím. Sklon odpadní štolky bude řešen tak, aby ve štolce probíhalo nadkritické proudění. Napojení odpadní štolky na odpadní koryto bude doprovázeno bezvývarovým tlumením energie v podobě zdrsnění dna loženým lomovým kamenem.

		před návrhem AZ		po návrhu AZ	
		$Q_{100}$ [m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]	$W_{100}$ [10 <sup>3</sup> .m <sup>3</sup> ]	$Q_{100}$ [m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]	$W_{100}$ [10 <sup>3</sup> .m <sup>3</sup> ]
Hať	Poldr PO7	3,49	24,2	2,51	19,5
	Poldr PO8	2,98	21,2	2,23	18,3
	Poldr PO11	3,88	27,1	3,19	24,3
Darkovice	Poldr PO4	2,43	23,4	1,63	18,9
	Poldr PO5	3,77	26,3	2,45	20,6

**Tab. 17 Kulminační průtoky a objemy povodňových vln v uzávěrových profilech perimetrů jednotlivých poldrů**

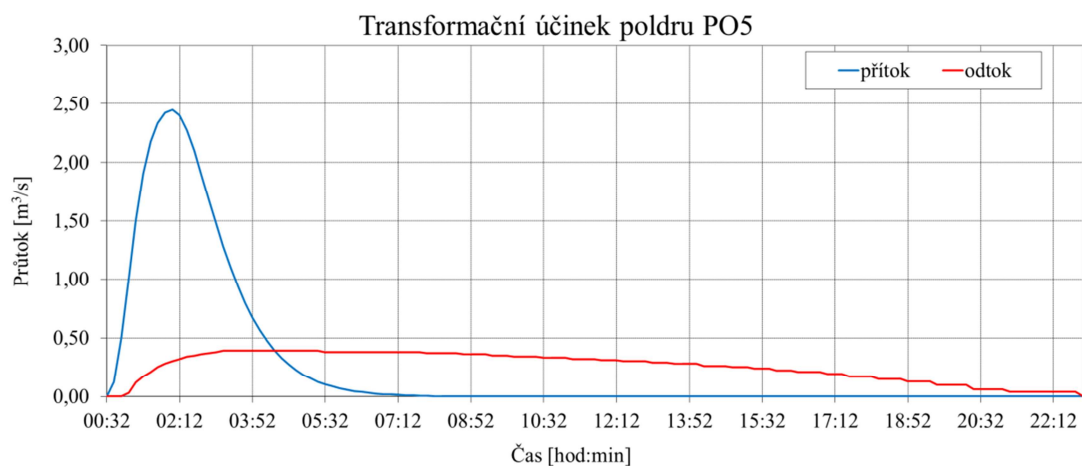
POLDR PO4			
Hydrologické údaje			
plocha povodí	$P_{p\_PO4} = 0,724 \text{ km}^2$		
kulminační průtok	$Q_{100} = 1,63 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$		
objem povodně	$W_{100} = 18\,900 \text{ m}^3$		
neškodný odtok	$O_{NE} = 0,50 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$		
Funkční prostory			
	H [m n. m. ]		h [m]
úroveň dna	240,00		0,00
koruna přelivu	243,80	$V_{ro} = 10\,326 \text{ m}^3$	3,80
max. hladina	243,90	$V_m = 788 \text{ m}^3$	3,90
koruna hráze	244,40		4,40
zátopa při $H_{\max}$	$P_{z\_PO4} = 0,008 \text{ km}^2$		
max. stav v nádrži	$V_{\max} = 9\,978 \text{ m}^3$		
retenční prostor	$V_r = 11\,114 \text{ m}^3$		
Sdružený funkční objekt			
kapacita přelivu při $H_{\max}$	$Q_{kapP} = 1,63 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$		
kapacita výpusti při $H_{\max}$	$Q_{kapV} = 0,50 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$		
délka přelivné hrany	$b = 5,7 \text{ m}$		
průměr výpusti	$d_v = 0,3 \text{ m}$		
Parametry hráze			
výška hráze	$H_{H\_PO4} = 4,40 \text{ m}$		
délka hráze v koruně	$L_{H\_PO4} = 65,8 \text{ m}$		
objem hráze	$V_{H\_PO4} = 2485 \text{ m}^3$		
Technickoekonomické ukazatele			
objemový ukazatel	$\mu = 4,5$		

Tab. 18 Technické a hydrologické parametry poldru PO4



POLDR PO5			
Hydrologické údaje			
plocha povodí	P <sub>p_PO5</sub> = 0,717 km <sup>2</sup>		
kulminační průtok	Q <sub>100</sub> = 2,45 m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup>		
objem povodně	W <sub>100</sub> = 20 600 m <sup>3</sup>		
neškodný odtok	O <sub>NE</sub> = 0,50 m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup>		
Funkční prostory			
	H [m n. m. ]		h [m]
úroveň dna	230,00		0,00
koruna přelivu	232,60	V <sub>ro</sub> = 16 011 m <sup>3</sup>	2,60
max. hladina	232,75	V <sub>m</sub> = 1 783 m <sup>3</sup>	2,75
koruna hráze	233,25		3,25
zátopa při H <sub>max</sub>	P <sub>z_PO5</sub> = 0,012 km <sup>2</sup>		
max. stav v nádrži	V <sub>max</sub> = 15 530 m <sup>3</sup>		
retenční prostor	V <sub>r</sub> = 17 794 m <sup>3</sup>		
Sdružený funkční objekt			
kapacita přelivu při H <sub>max</sub>	Q <sub>kapP</sub> = 2,45 m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup>		
kapacita výpusti při H <sub>max</sub>	Q <sub>kapV</sub> = 0,41 m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup>		
délka přelivné hrany	b = 4,3 m		
průměr výpusti	d <sub>v</sub> = 0,3 m		
Parametry hráze			
výška hráze	H <sub>H_PO5</sub> = 3,25 m		
délka hráze v koruně	L <sub>H_PO5</sub> = 108,0 m		
objem hráze	V <sub>H_PO5</sub> = 2857 m <sup>3</sup>		
Technickoekonomické ukazatele			
objemový ukazatel	μ = 6,2		

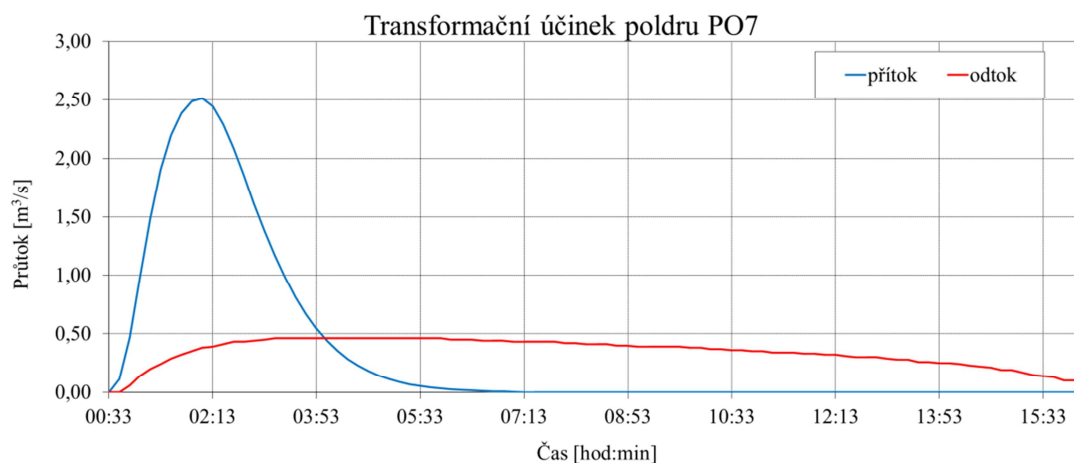
Tab. 19 Technické a hydrologické parametry poldru PO5





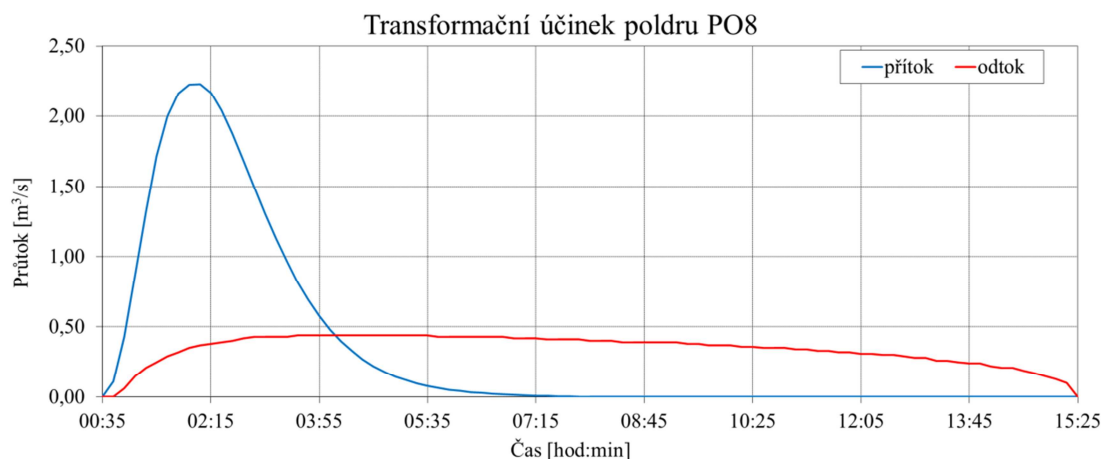
POLDR PO7			
Hydrologické údaje			
plocha povodí	$P_{p\_PO7} = 0,704 \text{ km}^2$		
kulminační průtok	$Q_{100} = 2,51 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$		
objem povodně	$W_{100} = 19\,500 \text{ m}^3$		
neškodný odtok	$O_{NE} = 0,50 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$		
Funkční prostory			
	H [m n. m. ]		h [m]
úroveň dna	217,20		0,00
koruna přelivu	220,70	$V_{ro} = 14\,808 \text{ m}^3$	3,50
max. hladina	220,85	$V_m = 1\,496 \text{ m}^3$	3,65
koruna hráze	221,35		4,15
zátopa při $H_{max}$	$P_{z\_PO7} = 0,010 \text{ km}^2$		
max. stav v nádrži	$V_{max} = 14\,115 \text{ m}^3$		
retenční prostor	$V_r = 16\,304 \text{ m}^3$		
Sdružený funkční objekt			
kapacita přelivu při $H_{max}$	$Q_{kapP} = 2,51 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$		
kapacita výpusti při $H_{max}$	$Q_{kapV} = 0,48 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$		
délka přelivné hrany	$b = 4,5 \text{ m}$		
průměr výpusti	$d_v = 0,3 \text{ m}$		
Parametry hráze			
výška hráze	$H_{H\_PO7} = 4,15 \text{ m}$		
délka hráze v koruně	$L_{H\_PO7} = 112,7 \text{ m}$		
objem hráze	$V_{H\_PO7} = 4175 \text{ m}^3$		
Technickoekonomické ukazatele			
objemový ukazatel	$\mu = 3,9$		

Tab. 20 Technické a hydrologické parametry poldru PO7



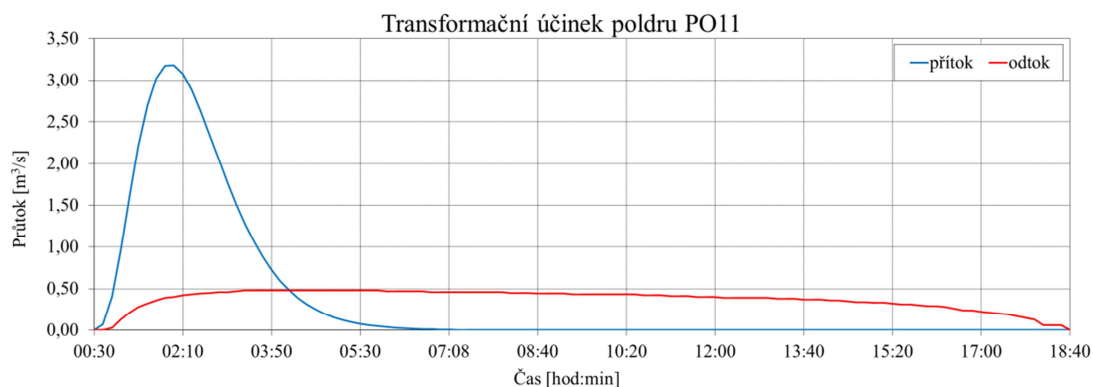
POLDR PO8			
Hydrologické údaje			
plocha povodí	$P_{p\_PO8} = 0,693 \text{ km}^2$		
kulminační průtok	$Q_{100} = 2,23 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$		
objem povodně	$W_{100} = 18\,300 \text{ m}^3$		
neškodný odtok	$O_{NE} = 0,50 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$		
Funkční prostory			
	H [m n. m. ]		h [m]
úroveň dna	217,00		0,00
koruna přelivu	220,20	$V_{ro} = 13\,472 \text{ m}^3$	3,20
max. hladina	220,35	$V_m = 1\,546 \text{ m}^3$	3,35
koruna hráze	220,85		3,85
zátopa při $H_{max}$	$P_{z\_PO8} = 0,011 \text{ km}^2$		
max. stav v nádrži	$V_{max} = 12\,727 \text{ m}^3$		
retenční prostor	$V_r = 15\,018 \text{ m}^3$		
Sdružený funkční objekt			
kapacita přelivu při $H_{max}$	$Q_{kapP} = 2,23 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$		
kapacita výpusti při $H_{max}$	$Q_{kapV} = 0,46 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$		
délka přelivné hrany	$b = 4,0 \text{ m}$		
průměr výpusti	$d_v = 0,3 \text{ m}$		
Parametry hráze			
výška hráze	$H_{H\_PO8} = 3,85 \text{ m}$		
délka hráze v koruně	$L_{H\_PO8} = 102,0 \text{ m}$		
objem hráze	$V_{H\_PO8} = 3248 \text{ m}^3$		
Technickoekonomické ukazatele			
objemový ukazatel	$\mu = 4,6$		

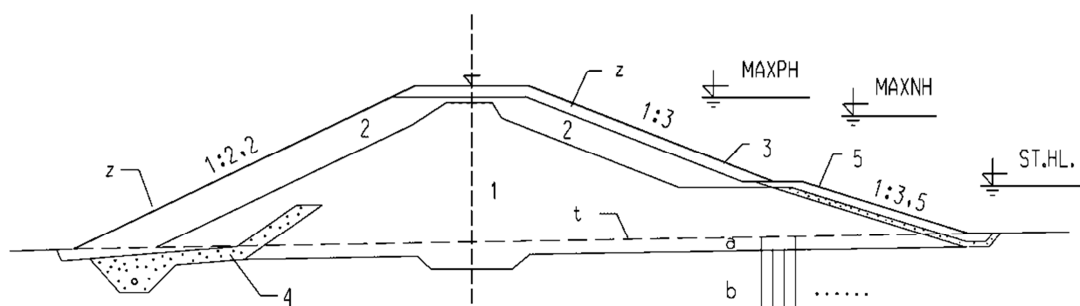
Tab. 21 Technické a hydrologické parametry poldru PO8



		POLDR PO11	
Hydrologické údaje			
plocha povodí		$P_{p\_PO11} =$	0,844 km <sup>2</sup>
kulminační průtok		$Q_{100} =$	3,19 m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup>
objem povodně		$W_{100} =$	24 300 m <sup>3</sup>
neškodný odtok		$O_{NE} =$	0,50 m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup>
Funkční prostory			
	H [m n. m. ]		h [m]
úroveň dna	224,00		0,00
koruna přelivu	227,70	$V_{ro} =$	18 851 m <sup>3</sup> 3,70
max. hladina	227,85	$V_m =$	2 056 m <sup>3</sup> 3,85
koruna hráze	228,35		4,35
zátopa při H <sub>max</sub>		$P_{z\_PO11} =$	0,014 km <sup>2</sup>
max. stav v nádrži		$V_{max} =$	18 335 m <sup>3</sup>
retenční prostor		$V_r =$	20 907 m <sup>3</sup>
Sdružený funkční objekt			
kapacita přelivu při H <sub>max</sub>		$Q_{kapP} =$	3,19 m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup>
kapacita výpusti při H <sub>max</sub>		$Q_{kapV} =$	0,49 m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup>
délka přelivné hrany		b =	5,7 m
průměr výpusti		d <sub>v</sub> =	0,3 m
Parametry hráze			
výška hráze		$H_{H\_PO11} =$	4,35 m
délka hráze v koruně		$L_{H\_PO11} =$	92,0 m
objem hráze		$V_{H\_PO11} =$	3734 m <sup>3</sup>
Technickoekonomické ukazatele			
objemový ukazatel		μ =	5,6

Tab. 22 Technické a hydrologické parametry poldru PO11

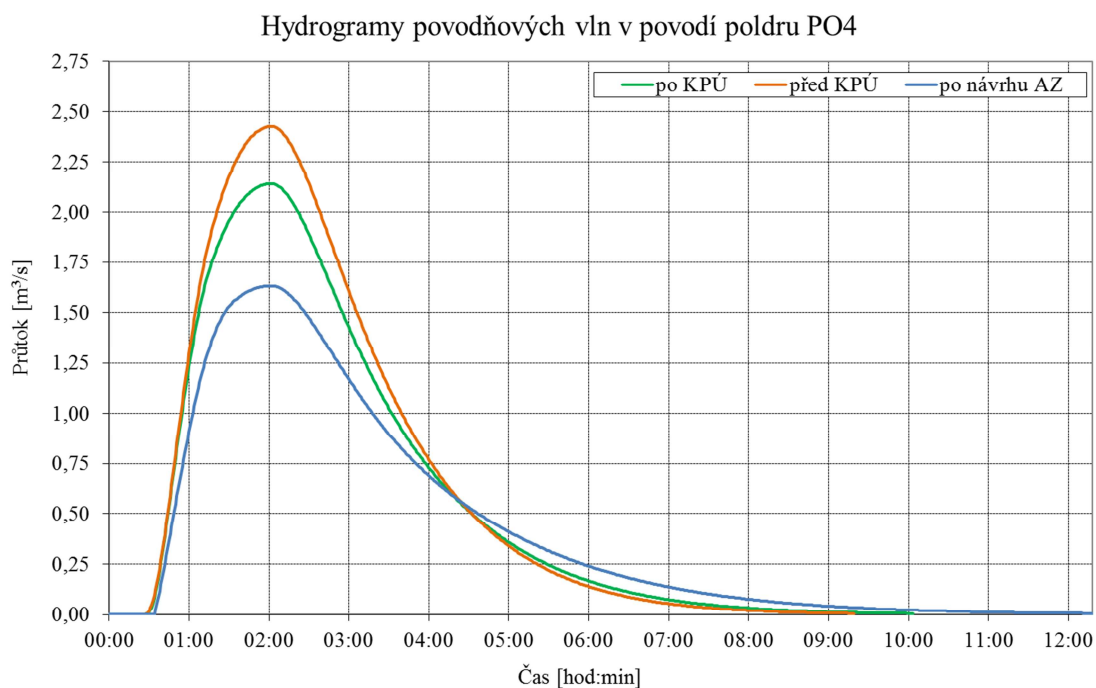




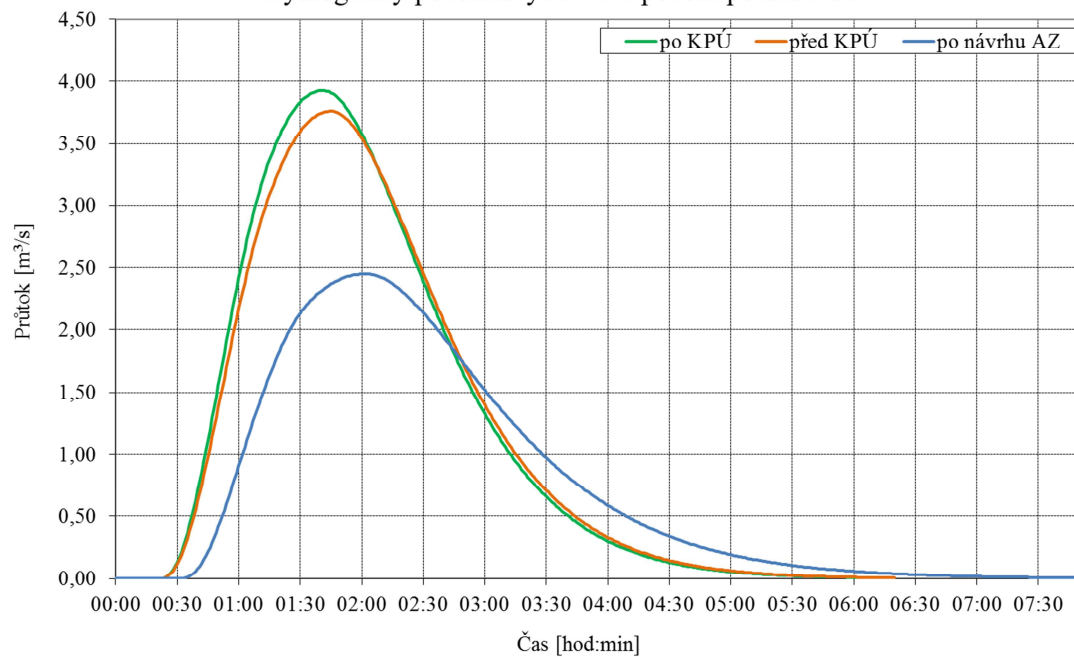
**Obr. 41 Vzorový příčný řez hrází [19]**

- a ... humózní hlína
- b ... jíly
- ..... hladina podzemní vody
- t ... původní terén
- z ... zatravnění
- 2 ... nenamrzavá zemina
- 3 ... kamenivo (frakce o průměru cca 63 mm)
- 4 ... šterkopískový drenážní koberec se svodným drénem
- 5 ... pohoz z lomového kamene s podsypem

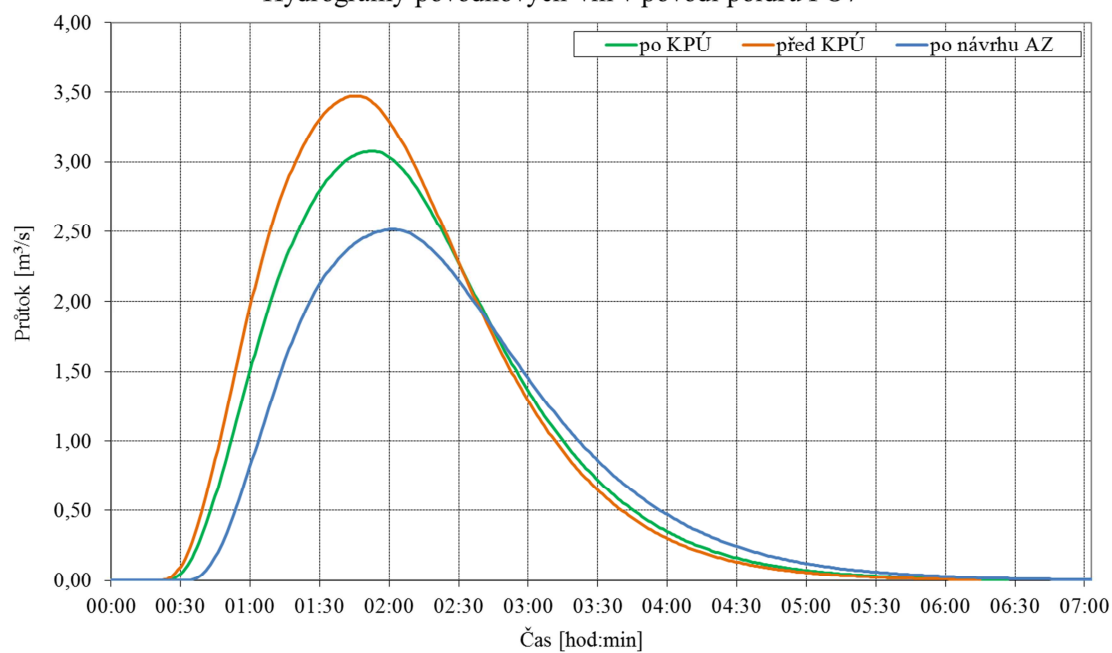
### **Hydrogramy povodňových vln v povodích navržených poldrů**



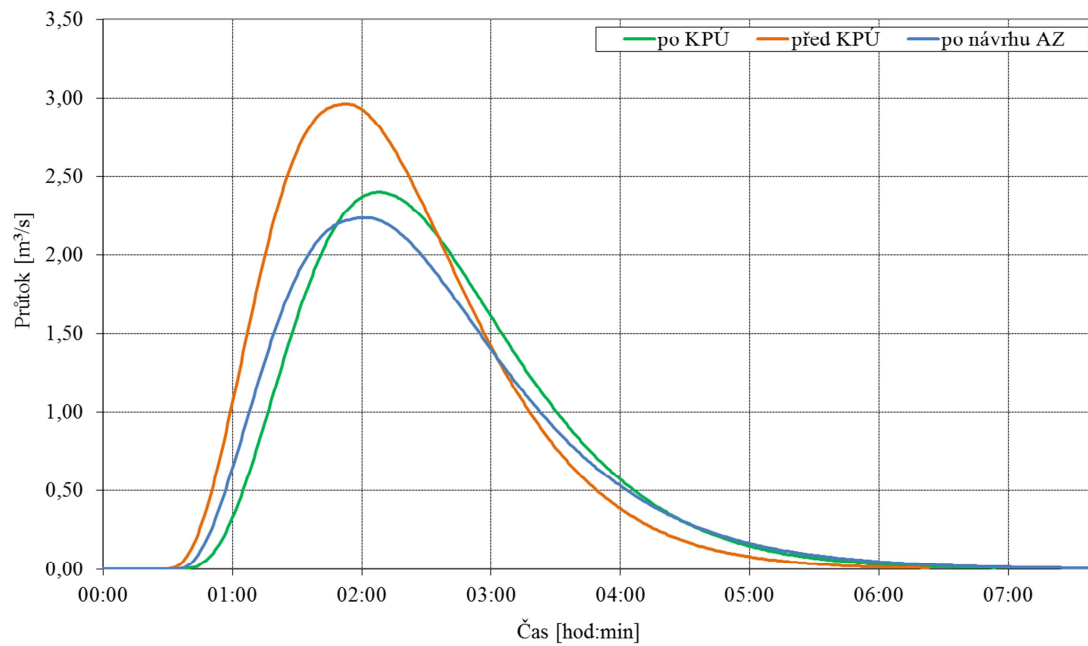
Hydrogramy povodňových vln v povodí poldru PO5



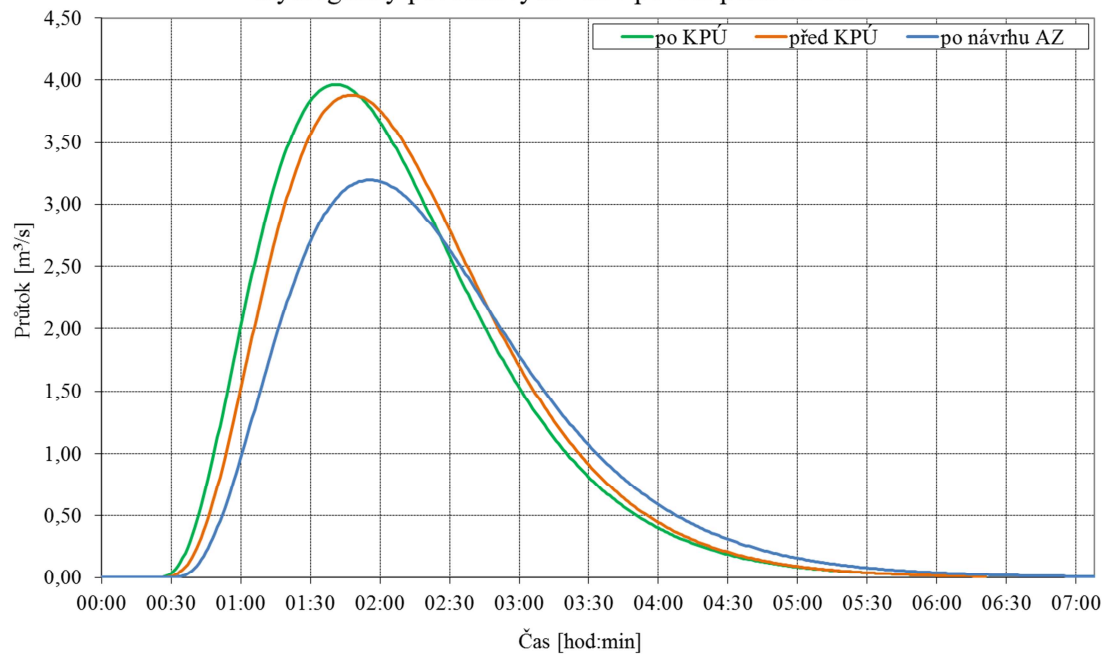
Hydrogramy povodňových vln v povodí poldru PO7



Hydrogramy povodňových vln v povodí poldru PO8



Hydrogramy povodňových vln v povodí poldru PO11





## **7.2 Optimální návrh**

Tato varianta návrhu je optimální představou protierozní a protipovodňové ochrany zájmového území. Hodnoty erozních smyvů snižuje pod přípustnou mez. Řešení nádrží je totožné jako u předešlého návrhu, proto zde už dále nebude rozebíráno.

### **7.2.1 Protierozní agrotechnická a organizační opatření**

Mimo snahu snížit ve všech subpovodích erozní smyv pod přípustnou mez se návrh zaměřuje na subpovodí KP2. V jeho uzávěrovém profilu se nachází soustava nádrží u koupaliště. Subpovodí leží v jihozápadní části k.ú. Darkovice a má velký rekreační potenciál. V subpovodí je z velké části navržen převod zemědělsky obdělávaných pozemků na trvalý travní porost. Na zbylé orné půdě by měly být používány protierozní organizační opatření – střídání jetelovin a obilnin. Navržen je také zákaz (případně alespoň omezení) průmyslových hnojiv a pesticidů se záměrem snížit obohacení vody v nádržích živinami a zabránit tak eutrofizaci. Podle průzkumu jsou nádrže znečišťovány erozními smyvy. Voda je zakalená a zapáchá. Pokud by došlo k realizaci navržených opatření, oblast by se mohla stát velice příjemným místem k trávení volného času.

Protierozní organizační opatření				
druh opatření	označení	výměra [ha]	subpovodí	celková výměra
VENP	VENP	386,8		386,8
TTP	TTPa	6,2		50,1
	TTPb	0,9		
	TTPc	1,4		
	TTPd	1,6		
	TTPe	3,2		
	TTPf	1,4		
	TTP2a	1,5		
	TTP2b	0,7		
	TTP2c	5,2	kP2	
	TTP2d	5,7		
	TTP2e	2,4		
	TTP2f	0,5		
	TTP3	1,2	kP3	
	TTP4a	0,5		
	TTP4b	0,2		
	TTP4c	0,3	kP4	
	TTP4d	0,5		
	TTP4e	0,4		
	TTP4f	0,6		
	TTP5	2,4	kP5	
	TTP7a	1,0	kP7	
	TTP7b	0,3		
	TTP8a	0,8	kP8	
	TTP8b	1,8		
	TTP9a	0,5	kP9	
	TTP9b	0,9		
TTP11a	0,5			
TTP11b	0,6	kP11		
TTP11c	1,8			
TTP11d	2,5			
TTP12	2,6	kP12		
Protierozní agrotechnická opatření				
setí do strniště	AGPEO	386,8		386,8

**Tab. 23 Navržená PE organizační a agrotechnická opatření**

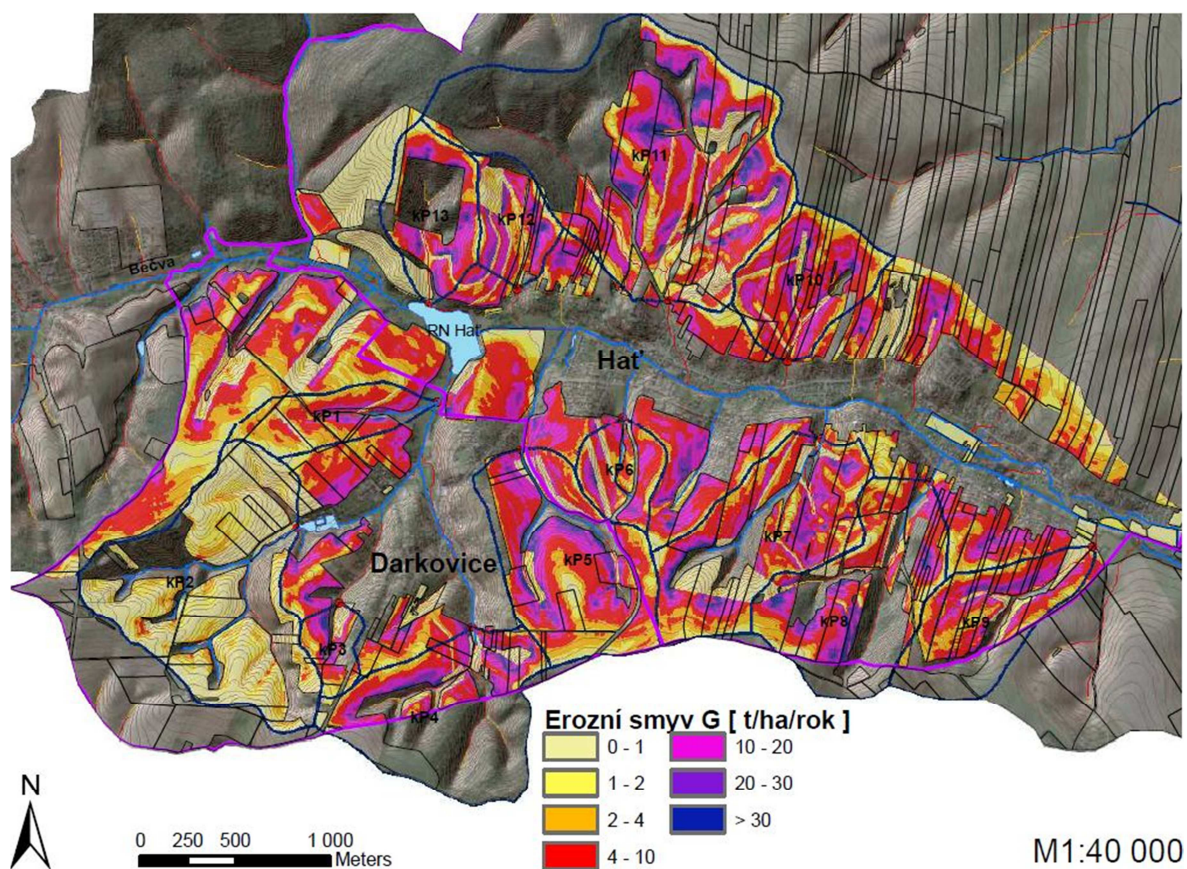
### 7.2.2 Protierozní biotechnická opatření

Protierozní biotechnická liniová opatření					
druh opatření	označení	délka [m]	výměra [ha]	subpovodí	celková výměra
protierozní mez	PE-mez_4	568	0,3	kP4	3,6
	PE-mez_7	304	0,3	kP7	
	PE-mez_10	372	0,4	kP10	
	PE-mez_11a	321	0,7	kP11	
	PE-mez_11b	718	0,6		
	PE-mez_12a	588	0,6	kP12	
	PE-mez_12b	634	0,6		
PE-mez_13	120	0,1	kP13		
zasakovací průleh	zas_pruleh_1	648	0,7	kP1	1,8
	zas_pruleh_2	604	0,6	kP2	
	zas_pruleh_7	507	0,5	kP7	
zasakovací pás	zas_pas_1	306	0,9	kP1	3,3
	zas_pas_6b	349	1,0	kP6	
	zas_pas_6b	458	1,4		
stabilizace DSO	s_DSOa	375	2,2	U Mareše	14,7
	s_DSO_m	280	0,6		
	s_DSO2a	376	0,8	kP2	
	s_DSO2b	230	0,5		
	s_DSO2c	250	0,5	kP4	
	s_DSO4	228	0,6		
	s_DSO5a	288	0,6	kP5	
	s_DSO5b	172	0,3		
	s_DSO7	180	0,3	kP7	
	s_DSO8a	186	0,4	kP8	
	s_DSO8b	200	0,4		
	s_DSO9	150	0,3	kP9	
	s_DSO10a	510	1,6	kP10	
	s_DSO10b	280	0,6		
	s_DSO10	145	0,3	kP11	
	s_DSO11a	600	1,2		
	s_DSO11b	320	0,6		
	s_DSO11c	150	0,4		
	s_DSO11d	180	0,4		
	s_DSO11	150	0,5	kP12	
	s_DSO12	480	1,0		
	s_DSO13a	190	0,4		
	s_DSO13b	100	0,2		

Tab. 24 Biotechnická PEO

SUBPOVODÍ						ÚDOLNICE	
Ozn	Sklon [%]	Plocha [km <sup>2</sup> ]	erozní smyv G [t/ha/rok] pro R = 40			Délka [km]	Sklon [%]
			před KPÚ (2004)	po KPÚ (2011)	po optimálním návrhu		
kP1	7	0,258	16	15	5	1,108	3,88
kP2	12	1,094	21	20	1	1,288	3,11
kP3	10	0,113	21	20	7	0,511	6,46
kP4	11	0,723	27	25	9	1,092	4,03
kP5	9	0,730	21	19	8	1,331	3,76
kP6	10	0,197	24	23	7	0,680	5,59
kP7	10	0,715	25	24	7	1,497	4,07
kP8	11	0,705	22	21	9	1,363	4,26
kP9	8	0,461	18	19	7	1,372	4,01
kP10	8	0,413	19	18	7	0,877	5,02
kP11	11	1,734	23	19	8	1,818	3,19
kP12	13	0,225	32	30	8	0,848	5,54
kP13	11	0,354	20	19	7	0,949	5,06

Tab. 25 Snížení erozního smyvu pod přípustnou mez v důsledku navržených opatření



Obr. 42 Snížení erozního smyvu v důsledku navržených opatření

### 7.3 Návrh vyhovující standardům GAEC

Tento návrh se opírá o standardy GAEC (Good Agricultural and Environmental conditions, Podmínky dobrého zemědělského a environmentálního stavu). Navrhuje pouze jen ta nejnutnější opatření, doporučovaná standardy na základě míry erozní ohroženosti, stanovené Ministerstvem Zemědělství (MZe). Jedná se o standardy hospodaření, definované členskými státy Evropské Unie. Každý žadatel o finanční dotace z Programu rozvoje venkova je povinen standardy dodržovat. Informace ohledně kategorie erozní ohroženosti svých pozemků žadatel získá na webu MZe [10]. Plnění každoročně kontroluje u vybraných subjektů Státní zemědělský intervenční fond. V případě nedodržení podmínek hrozí žadateli přímých plateb jejich ukončení a zároveň navrácení plateb, které již proběhly.

#### **Potenciální erozní ohroženost zemědělských půd**

V rámci LPIS (Registru produkčních bloků) rozlišujeme 3 kategorie erozní ohroženosti půd, na jejichž základě je doporučena přípustná hodnota faktoru C:

<b>půdy erozně</b>	<b>přípustný C faktor</b>
neohrožené	$C_p > 0,1$
mírně ohrožené	$0,02 < C_p < 0,1$
silně ohrožené	$C_p < 0,02$

**Tab. 26 Erozní ohroženost zemědělských půd**

#### **Protierozní opatření**

Vrstva informující o kombinaci erozní ohroženosti a druhu kultury, kterou vlastníci půdních bloků (dále jen PB) najdou taktéž na portálu MZe [10].

- A0 na PB není druh kultury orná půda
- A1 na PB s druhem kultury orná půda není výskyt silně erozně ohrožené půdy
- A2 na části PB je výskyt silně erozně ohrožené půdy
- A3 na celé výměře PB je výskyt silně erozně ohrožené orné půdy
- B2 na části PB se nachází orná půda mírně erozně ohrožená
- B3 na celém PB se nachází orná půda mírně erozně ohrožená
- A2B2 na PB se nachází současně orná půda silně i mírně erozně ohrožená

## **Standardy GAEC**

Standardů je celkem 11 s tím, že poslední bude uveden v platnost až 1. 1. 2012.  
Standardy se zabývají

- I. erozí půdy (GAEC 1 a GAEC 2),
- II. organickými složkami půdy (GAEC 3 a GAEC 4),
- III. ochranou struktury půdy (GAEC 5),
- IV. minimální úrovní péče (GAEC 6, GAEC 7, GAEC 8, GAEC 9)
- V. a ochranou vody a hospodaření s ní (GAEC 10 a GAEC 11).

Ačkoliv se tématu práce dotýkají všechny, uvedeny jsou pouze první dva, kterými se řídil návrh.

### ***Standard GAEC 1***

Standard GAEC 1 ošetřuje problematiku protierozní ochrany (dále jen PEO) půdy na svažitých pozemcích prováděním minimálních opatření. U orných půd se sklonem větším než 7° je nutné založení porostu další plodiny po sklizni nebo provedení alespoň jednoho z následujících opatření: a) ponechání strniště minimálně do 30. listopadu nebo b) ponechání zorané nebo podmítnuté půdy minimálně do 30. listopadu za účelem zasakování vody.

### ***Standard GAEC 2***

Standard řeší problematiku PEO půdy stanovením požadavků na způsob pěstování.

Půdní bloky označené v evidenci půdy jako **silně erozně ohrožené**

- zákaz širokořádkových plodin  
(kukuřice, brambory, řepa, bob setý, sója a slunečnice)
- obilniny a řepka olejná zakládány s využitím půdoochranných technologií  
(setí do mulče, bezorebné setí)
- u obilnin nemusí být dodržena podmínka v případě, že budou pěstovány s podsevem jetelovin

Půdní bloky označené v evidenci půdy jako **mírně erozně ohrožené**

- širokořádkové plodiny pouze s půdoochrannou technologií



## **Půdoochranné technologie, vyhovující standardu GAEC 2**

Půdoochranné technologie jsou charakteristické nejméně 30 % pokrytím povrchu půdy posklizňovými rostlinnými zbytky do doby vzcházení porostu a snížením intenzity zpracování půdy.

### **Obecné půdoochranné technologie**

- bezorebné setí
- setí do mulče
- setí do mělké podmítky (za předpokladu dodržení stanovení pokryvnosti povrchu půdy posklizňovými zbytky)
- setí do ochranné plodiny  
(např. do vymrzající meziplodiny – svazanka vratičolistá, hořčice bílá)
- důlkování

### **Speciální půdoochranné technologie**

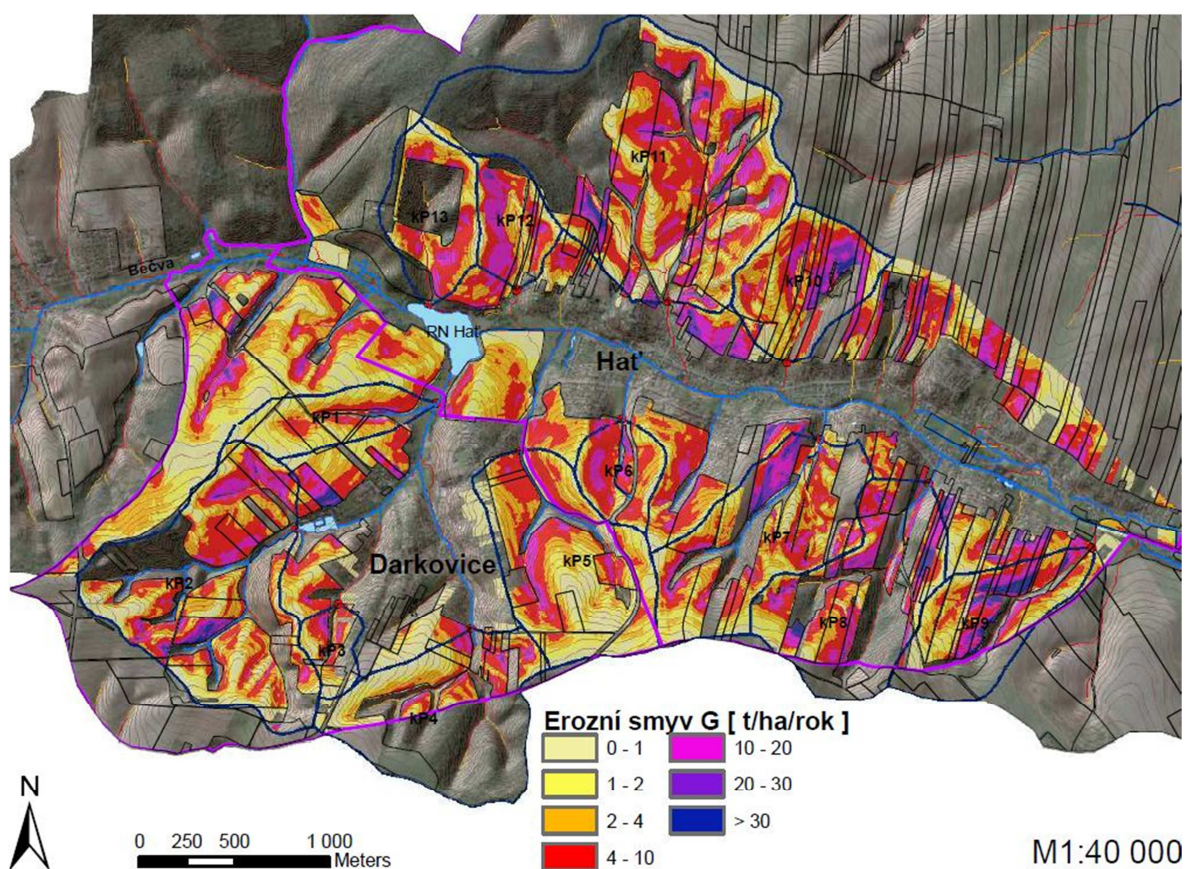
- přerušovací pásy (šířka a umístění závislé na sklonitosti pozemku)
  - zasakovací pásy (závislé na rozloze půdního bloku a jeho sklonitosti)
  - souvratě
  - setí/sázení po vrstevnici (u půdních bloků o rozloze větší než 35 ha je nutné pro splnění podmínek GAEC 2 doplnit ještě jinou půdoochrannou technologií)
  - odkameňování (rýhování, separace hrud od kamene, sázení do odkameněné půdy)
- [10]

#### **7.3.1 Vlastní návrh protierozních agrotechnických opatření**

V zájmovém území se nachází především PB s kódem A1 - na PB s druhem kultury orná půda není výskyt silně erozně ohrožené půdy a B2 - na části PB se nachází orná půda mírně erozně ohrožená. Malá část PB je označena kódem A2B2, což znamená, že se na PB nachází současně orná půda silně i mírně erozně ohrožená. V případě B2 bylo navrženo pěstování širokořádkových plodin s podsevem jílku jako ozimé meziplodiny. V případě A2 bylo doporučeno širokořádkové plodiny zcela vyřadit a obilniny pěstovat se zavedením PEO (např. setí do strniště nebo ponechání slámy). Návrh GAEC obsahuje pouze doporučení půdoochranných agrotechnologií. Přestože neuvažuje žádná technická opatření, z hlediska snížení erozního smyvu se jeví jako naprosto dostatečný. K jeho realizaci by však byla zapotřebí iniciativa ze strany místních zemědělců.

SUBPOVODÍ						ÚDOLNICE	
Ozn	Sklon [%]	Plocha [km <sup>2</sup> ]	erozní smyv G [t/ha/rok] pro R = 40			Délka [km]	Sklon [%]
			před KPÚ (2004)	po KPÚ (2011)	po návrhu GAEC		
kP1	7	0,258	16	15	3	1,108	3,88
kP2	12	1,094	21	20	5	1,288	3,11
kP3	10	0,113	21	20	4	0,511	6,46
kP4	11	0,723	27	25	4	1,092	4,03
kP5	9	0,730	21	19	4	1,331	3,76
kP6	10	0,197	24	23	6	0,680	5,59
kP7	10	0,715	25	24	6	1,497	4,07
kP8	11	0,705	22	21	9	1,363	4,26
kP9	8	0,461	18	19	8	1,372	4,01
kP10	8	0,413	19	18	8	0,877	5,02
kP11	11	1,734	23	19	6	1,818	3,19
kP12	13	0,225	32	30	6	0,848	5,54
kP13	11	0,354	20	19	5	0,949	5,06

Tab. 27 Snížení erozního smyvu v důsledků opatření „GAEC“



Obr. 43 Snížení ztráty půdy erozí v důsledku navržených opatření „GAEC“

## 8 ANALÝZY A VÝSLEDKY

### 8.1 Stanovení kritických profilů

Pomocí nástrojů ArcGIS byly vyhodnoceny kritické profily, ze kterých může být intravilán obcí ohrožován odtoky z přívalových srážek (případně rychlého tání sněhu). Bylo provedeno generování akumulace odtoku hydrologickou nástavbou GIS a následně odvozena hydrografická mikrosít' v závislosti na zadané velikosti přispívající plochy. Při výzkumném ověřování se jako kritická ukázala velikost přispívající plochy nad 10 ha. V mapě byly vyznačeny dráhy akumulace soustředěného odtoku (DSO) s přispívající plochou nad 5 ha oranžově a DSO s přispívající plochou nad 10 ha červeně. Tam, kde vygenerované hydrolinie DSO vnikají do zastavěné části obce, byly stanoveny kritické body. Na základě digitálního modelu terénu se k daným kritickým bodům určily jejich sběrné plochy (subpovodí). Na jednotlivých subpovodích byl proveden rozbor erozních i odtokových poměrů, na jejichž základě byla navržena ochranná opatření.

### 8.2 Erozní ohroženost zájmového území

S využitím GIS analýz a programu USLE 2D byly vypočteny průměrné roční smyvy  $G$  na jednotlivých subpovodích před návrhy a po návrzích. Pro srovnání byly vypočteny celkem 3 varianty s různými hodnotami  $R$  faktoru. Z následujících tabulek můžeme vyčíslit, že komplexní pozemková úprava, která na zájmovém území proběhla, nepřinesla dostatek půdoochranných opatření. Vlastní návrh řešení, který snižuje erozní smyv pod přípustnou mez, je uveden v kapitole 7.

Mocnost půdního horizontu lze orientačně stanovit odvozením z 5. číslice kódu BPEJ. V zájmovém území se vyskytují půdy, jejichž kódy BPEJ končí číslicemi 0, 2, 1 a 7. Z Tab. 3 odvodíme, že se jedná o půdy středně hluboké a hluboké. Půdy středně hluboké tvoří pouhá 3% z celkové rozlohy a vyskytují se především v říčních nivách, zatravněných údolnicích nebo na zalesněných pozemcích. Zemědělsky obdělávané pozemky jsou charakterizovány půdou hlubokou a přípustná ztráta půdy na nich dosahuje  $10 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ .

Ztrátu půdy erozí se podařilo snížit pod přípustnou mez pomocí navržených opatření v rámci optimálního návrhu i při použití dostatečně vysoké hodnoty  $R$  faktoru 40 (viz. Tab. 28), která je momentálně doporučována jako průměrná na území ČR. Snížení erozního smyvu pod přípustnou mez se bohužel netýká dalších dvou návrhů. Kompromisní návrh AZ je snahou o ochranu půdy proti erozi. Zároveň však vychází vstříc hospodařícím

zemědělci, kteří všeobecně o opatření nejeví zájem a na svých pozemcích je odmítají. Třetím v řadě je návrh, vycházející ze standardů GAEC (Good Agricultural and Environmental Condition) (Podmínky dobrého zemědělského a environmentálního stavu), který zemědělci doporučuje způsoby hospodaření tak, aby došlo alespoň k základní ochraně pozemku nejen ve smyslu protierozním. V případě dodržení zásad, má zemědělec možnost čerpat dotace.

Opatření navržená v rámci PSZ KPÚ ochránila území před ničivými účinky přívalových srážek poměrně velkým množstvím suchých ochranných nádrží. Jelikož území charakterizuje značná členitost terénu, návrh liniových prvků je často nevhodný. Protierozní ochrana by jako dostatečná byla hodnocena v případě použití R faktoru o hodnotě  $10,6 \text{ MJ} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$  (viz. Tab. 30), se kterou bylo při návrhu PSZ počítáno. V době návrhu PSZ KPÚ však metodika [15] doporučovala pro projektování pozemkových úprav nejmenší možnou hodnotu R faktoru na území ČR  $20 \text{ MJ} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$ . V tomto případě není navržená protierozní ochrana dostačující, neboť i po její realizaci průměrný roční erozní smyv přesáhne přípustnou hodnotu  $10 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ . Průměrná hodnota pro ČR udávaná novou metodikou [19] je  $40 \text{ MJ} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$ . Variantní návrhy byly dimenzovány tak, aby vyhověly požadavkům aktuální metodiky.

SUBPOVODÍ								ÚDOLNICE	
Ozn	Sklon [%]	Plocha [ $\text{km}^2$ ]	erozní smyv G [ $\text{t}/\text{ha}/\text{rok}$ ] pro R = 40					Délka [km]	Sklon [%]
			před KPÚ (2004)	po KPÚ (2011)	po návrhu AZ	po optim. návrhu	po návrhu GAEC		
kP1	7	0,258	15,8	15,5	5,5	5,5	3,1	1,108	3,88
kP2	12	1,094	21,4	19,6	7,9	1,0	5,1	1,288	3,11
kP3	10	0,113	21,0	20,2	7,2	7,2	4,2	0,511	6,46
kP4	11	0,723	26,6	25,3	10,0	9,5	4,3	1,092	4,03
kP5	9	0,730	21,1	19,1	7,6	7,5	3,6	1,331	3,76
kP6	10	0,197	23,8	22,8	10,5	6,8	5,7	0,680	5,59
kP7	10	0,715	25,1	23,7	8,0	7,3	5,6	1,497	4,07
kP8	11	0,705	22,2	21,0	8,8	8,5	9,3	1,363	4,26
kP9	8	0,461	18,1	18,6	6,6	6,6	7,9	1,372	4,01
kP10	8	0,413	18,9	17,8	7,6	7,5	7,6	0,877	5,02
kP11	11	1,734	23,4	19,5	8,0	8,1	6,2	1,818	3,19
kP12	13	0,225	32,1	30,5	8,4	8,4	6,4	0,848	5,54
kP13	11	0,354	20,0	18,8	8,0	7,4	4,7	0,949	5,06

Tab. 28 Průměrný roční erozní smyv G pro R =  $40 \text{ MJ} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$

SUBPOVODÍ								ÚDOLNICE	
Ozn	Sklon [%]	Plocha [km <sup>2</sup> ]	erozní smyv G [t/ha/rok] pro R = 20					Délka [km]	Sklon [%]
			před KPÚ (2004)	po KPÚ (2011)	po návrhu AZ	po optim. návrhu	po návrhu GAEC		
kP1	7	0,258	7,9	7,7	7,7	2,8	2,7	1,108	3,88
kP2	12	1,094	10,7	10,6	9,4	4,1	0,5	1,288	3,11
kP3	10	0,113	10,5	10,0	10,0	3,8	3,8	0,511	6,46
kP4	11	0,723	13,3	12,3	7,7	5,1	4,7	1,092	4,03
kP5	9	0,730	10,5	10,3	9,1	4,2	4,2	1,331	3,76
kP6	10	0,197	11,9	11,9	11,9	5,5	3,5	0,680	5,59
kP7	10	0,715	12,6	12,8	7,1	4,1	3,6	1,497	4,07
kP8	11	0,705	11,1	11,0	9,4	4,5	4,3	1,363	4,26
kP9	8	0,461	9,0	9,2	6,6	3,4	3,4	1,372	4,01
kP10	8	0,413	9,4	8,8	6,2	3,8	3,7	0,877	5,02
kP11	11	1,734	11,7	11,5	10,4	4,5	4,6	1,818	3,19
kP12	13	0,225	16,0	15,6	7,5	4,2	4,2	0,848	5,54
kP13	11	0,354	10,0	10,3	8,8	4,5	4,1	0,949	5,06

Tab. 29 Průměrný roční erozní smyv G pro R = 20 MJ.ha<sup>-1</sup>.cm.h<sup>-1</sup>

SUBPOVODÍ								ÚDOLNICE	
Ozn	Sklon [%]	Plocha [km <sup>2</sup> ]	erozní smyv G [t/ha/rok] pro R = 10,6					Délka [km]	Sklon [%]
			před KPÚ (2004)	po KPÚ (2011)	po návrhu AZ	po optim. návrhu	po návrhu GAEC		
kP1	7	0,258	4,2	4,1	4,1	1,5	1,5	1,108	3,88
kP2	12	1,094	5,7	5,6	5,0	2,2	0,3	1,288	3,11
kP3	10	0,113	5,6	5,3	5,3	2,0	2,0	0,511	6,46
kP4	11	0,723	7,1	6,5	4,1	2,7	2,5	1,092	4,03
kP5	9	0,730	5,6	5,4	4,8	2,2	2,2	1,331	3,76
kP6	10	0,197	6,3	6,3	6,3	2,9	1,8	0,680	5,59
kP7	10	0,715	6,7	6,8	3,8	2,2	1,9	1,497	4,07
kP8	11	0,705	5,9	5,9	5,0	2,4	2,3	1,363	4,26
kP9	8	0,461	4,8	4,9	3,5	1,8	1,8	1,372	4,01
kP10	8	0,413	5,0	4,7	3,3	2,0	2,0	0,877	5,02
kP11	11	1,734	6,2	6,1	5,5	2,4	2,4	1,818	3,19
kP12	13	0,225	8,5	8,3	4,0	2,2	2,2	0,848	5,54
kP13	11	0,354	5,3	5,5	4,6	2,4	2,2	0,949	5,06

Tab. 30 Průměrný roční erozní smyv G pro R = 10,6 MJ.ha<sup>-1</sup>.cm.h<sup>-1</sup>

### 8.3 Rozbor odtokových poměrů

Pomocí hydrologického modelu DesQ – verze 4.1, Hrádek (1998) byly v jednotlivých subpovodích vypočteny N-leté objemy, tvary povodňových vln a kulminační průtoky, vyvolané maximálním N-letým jednodenním srážkovým úhrnem. Ochranné prvky PSZ KPÚ byly dimenzovány na hodnotu  $H_{1d100} = 138$  mm. Dle dostupných informací byla hodnota převzata z ČHMÚ, dnes udávaná hodnota je však výrazně nižší. V rámci diplomové práce byla k rozboru odtokových poměrů použita hodnota stoletého denního srážkového úhrnu  $H_{1d100} = 82,6$  mm, která je hodnotou průměrnou na daném zájmovém území. Zbylá část vstupních dat byla zjištěna pomocí GIS analýz. Zároveň byly vyhodnoceny odtokové poměry na sběrných plochách nádrží realizovaných i navržených.

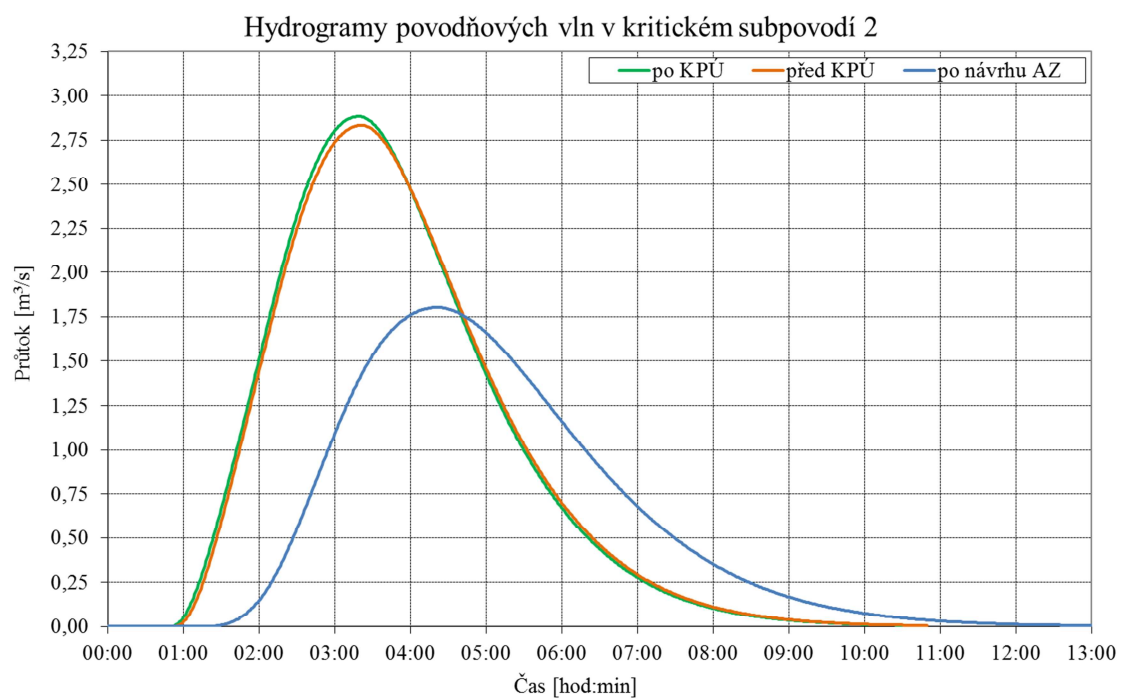
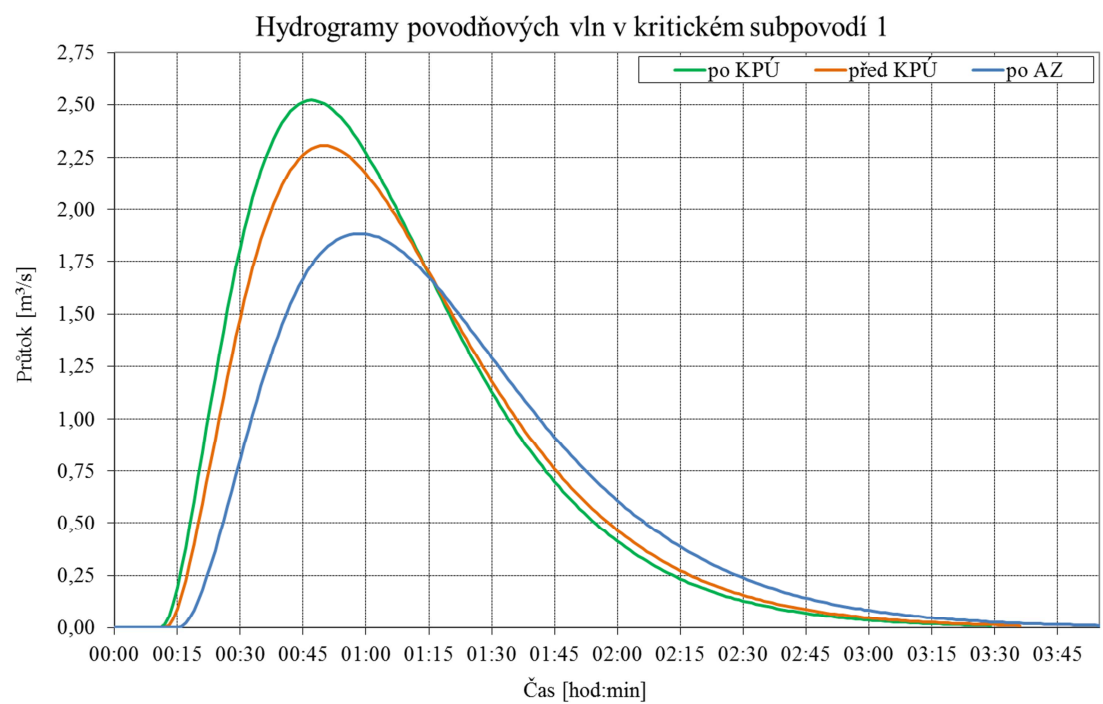
#### 8.3.1 Hydrogramy povodní v kritických subpovodích

Níže jsou uvedeny výstupy programu DesQ 4.1. Výsledky jsou uvedeny zvlášť pro tři různé stavy (před komplexní pozemkovou úpravou, po jejím provedení a v případě provedení vlastního návrhu). Z Tab. 31 je vidět důležitost organizačních a biotechnických protierozních opatření, která jsou navržena v rámci diplomové práce (návrhu AZ). Zapojení těchto opatření následně sníží nároky na retenční objemy případných ochranných nádrží, což povede ke snížení ceny stavby.

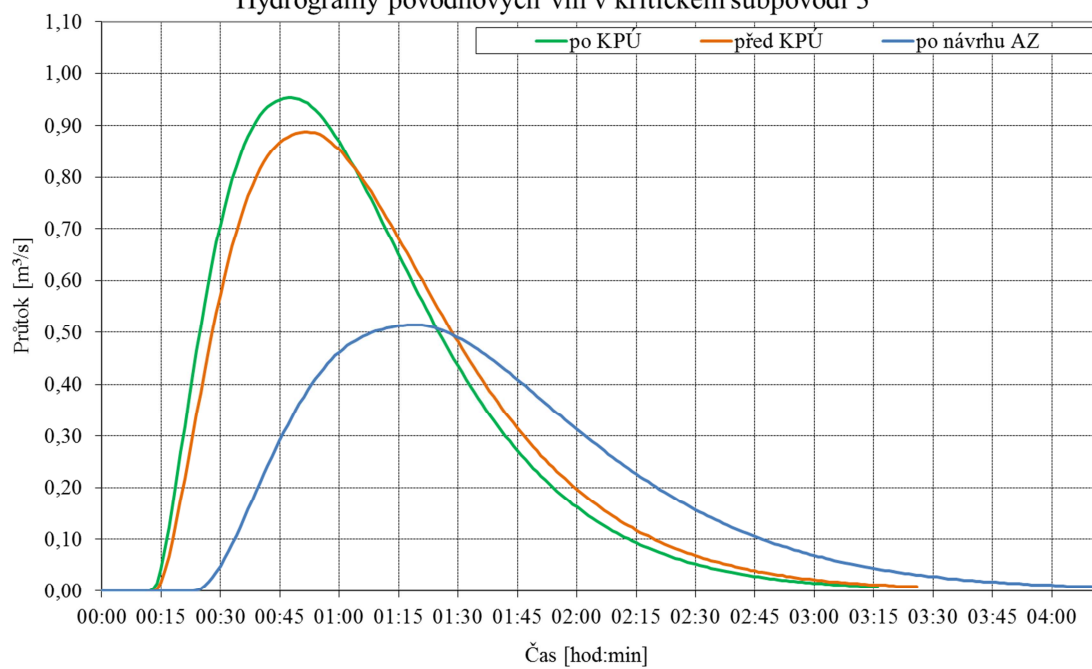
SUBPOVODÍ									ÚDOLNICE	
OZN	sklon [%]	plocha [km <sup>2</sup> ]	Q <sub>max</sub> [m <sup>3</sup> /s]			W <sub>100</sub> [10 <sup>3</sup> .m <sup>3</sup> ]			délka [km]	sklon [%]
			před KPÚ	po KPÚ	po návrhu AZ	před KPÚ	po KPÚ	po návrhu AZ		
kP1	6,6	0,258	2,31	2,52	1,91	10	10	9	1,108	3,88
kP2	11,7	1,094	2,85	2,89	1,81	34	34	26	1,288	3,11
kP3	10,0	0,113	0,89	0,96	0,52	4	4	3	0,511	6,46
kP4	10,8	0,723	2,52	2,24	1,69	23	22	19	1,092	4,03
kP5	8,6	0,730	3,92	4,09	2,56	27	27	21	1,331	3,76
kP6	10,1	0,197	1,74	1,74	1,10	7	7	6	0,680	5,59
kP7	10,1	0,715	3,60	3,20	2,61	25	23	20	1,497	4,07
kP8	10,7	0,705	3,10	2,55	2,35	22	19	19	1,363	4,26
kP9	8,4	0,461	2,78	2,76	2,23	15	15	14	1,372	4,01
kP10	8,4	0,413	2,50	1,99	1,88	16	13	13	0,877	5,02
kP11	10,6	1,734	2,78	2,81	1,63	47	47	10	1,818	3,19
kP12	12,6	0,225	1,89	1,36	1,13	8	6	6	0,848	5,54
kP13	11,1	0,354	1,46	1,31	0,96	10	9	7	0,949	5,06

**Tab. 31 Kulminační průtoky a objemy stoletých povodní v kritických subpovodích**

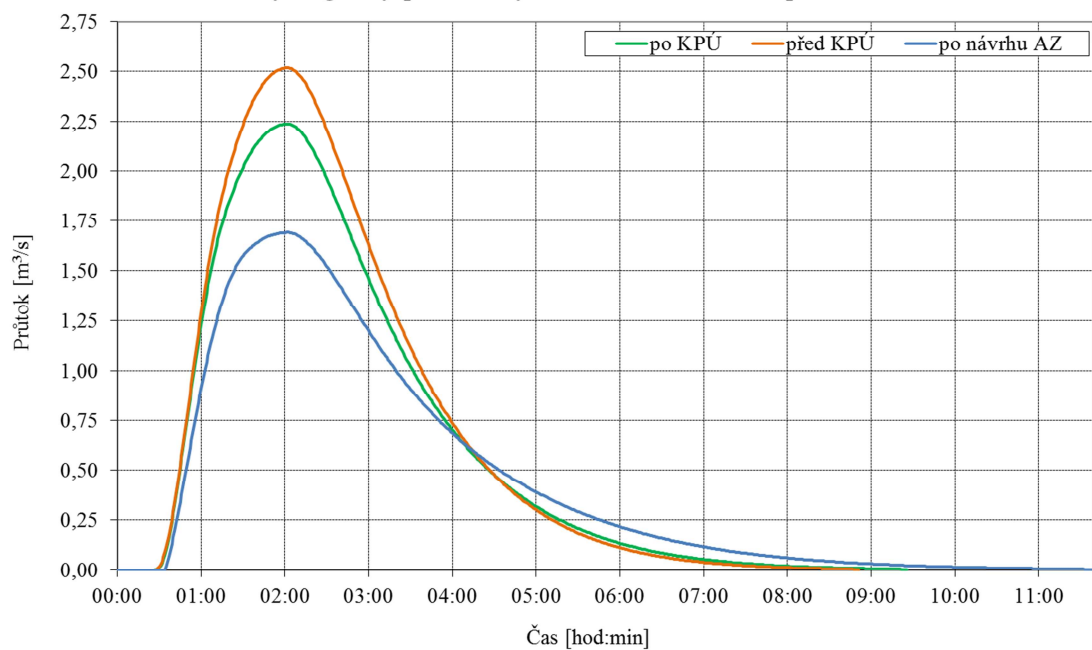




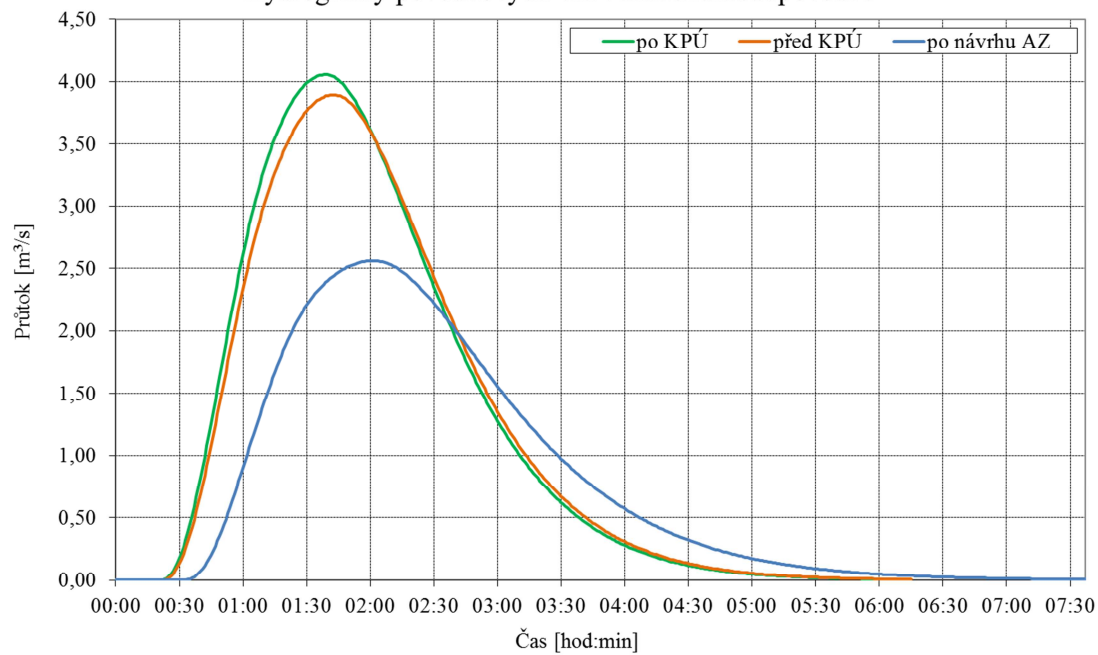
Hydrogramy povodňových vln v kritickém subpovodí 3



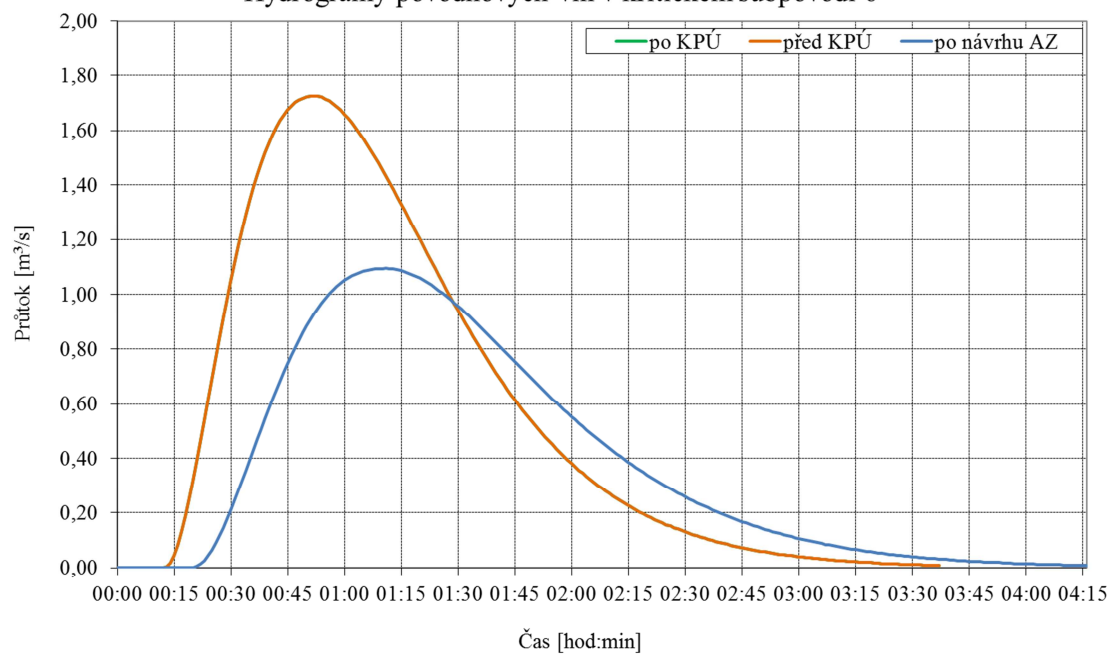
Hydrogramy povodňových vln v kritickém subpovodí 4



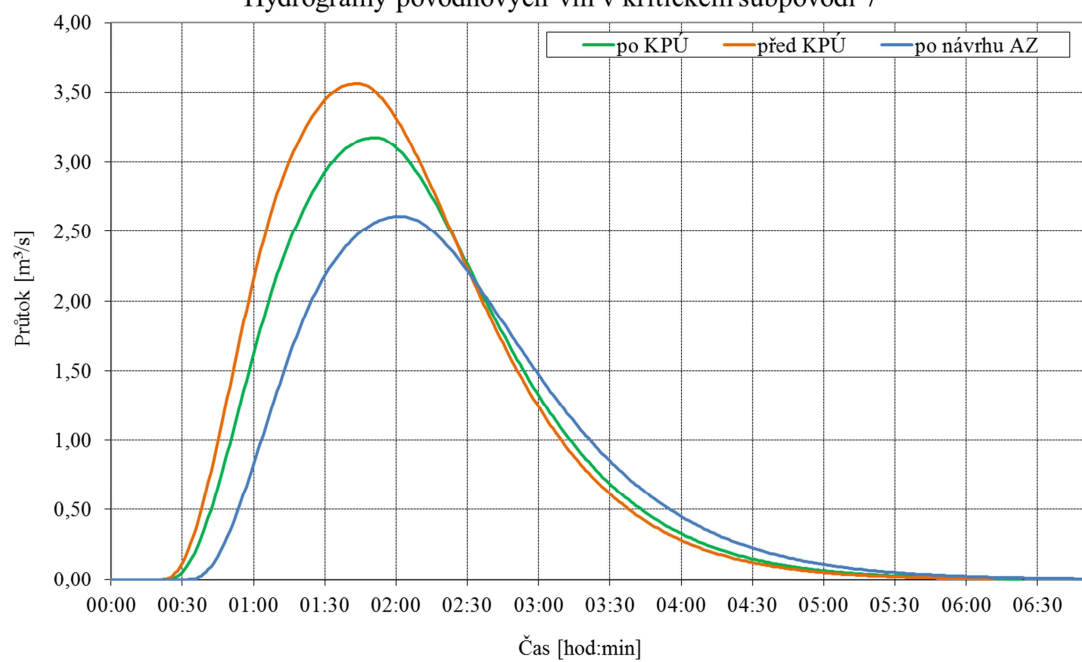
Hydrogramy povodňových vln v kritickém subpovodí 5



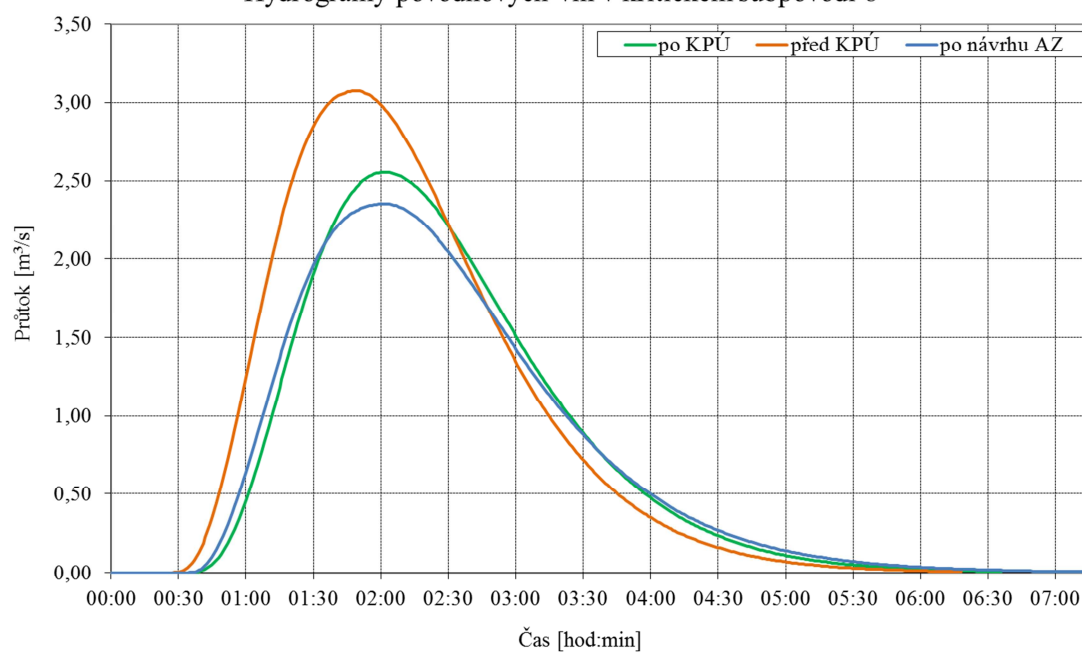
Hydrogramy povodňových vln v kritickém subpovodí 6



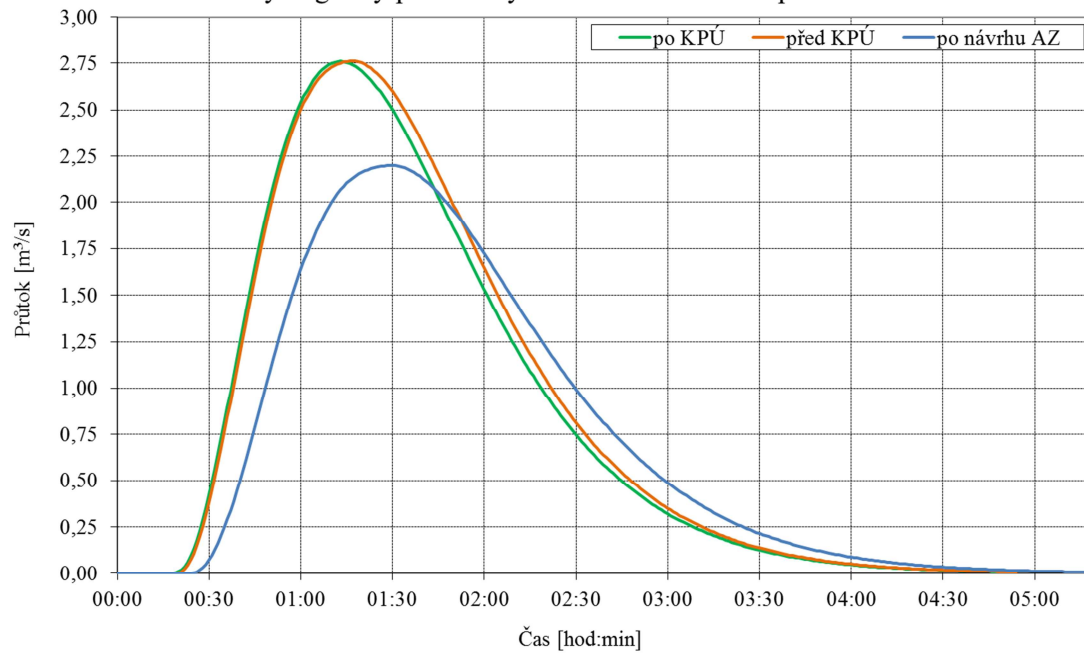
Hydrogramy povodňových vln v kritickém subpovodí 7



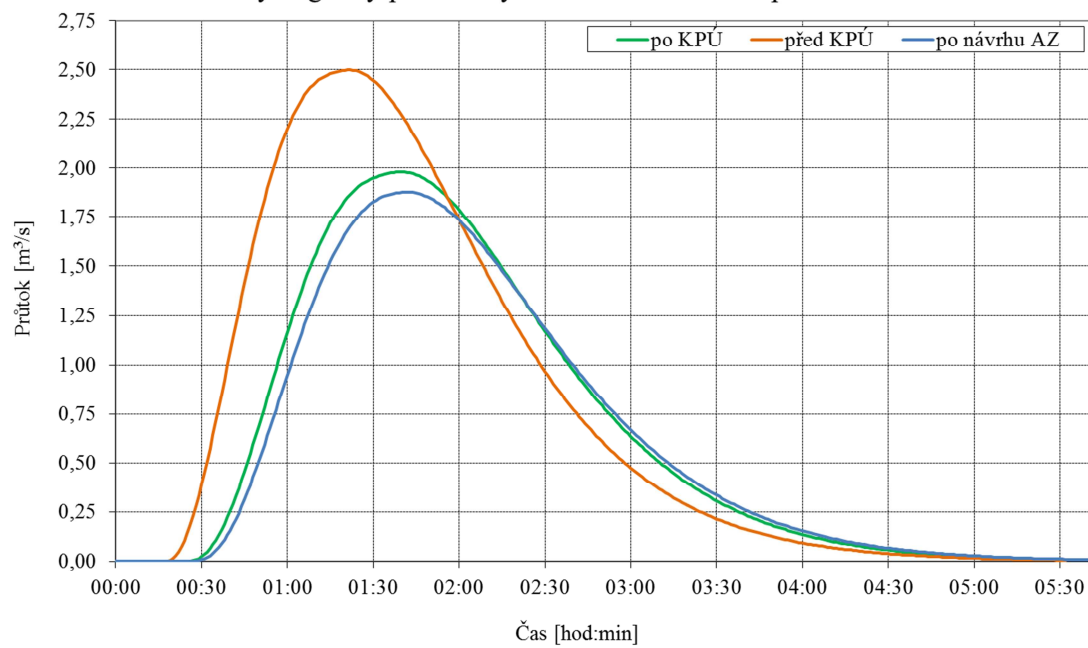
Hydrogramy povodňových vln v kritickém subpovodí 8



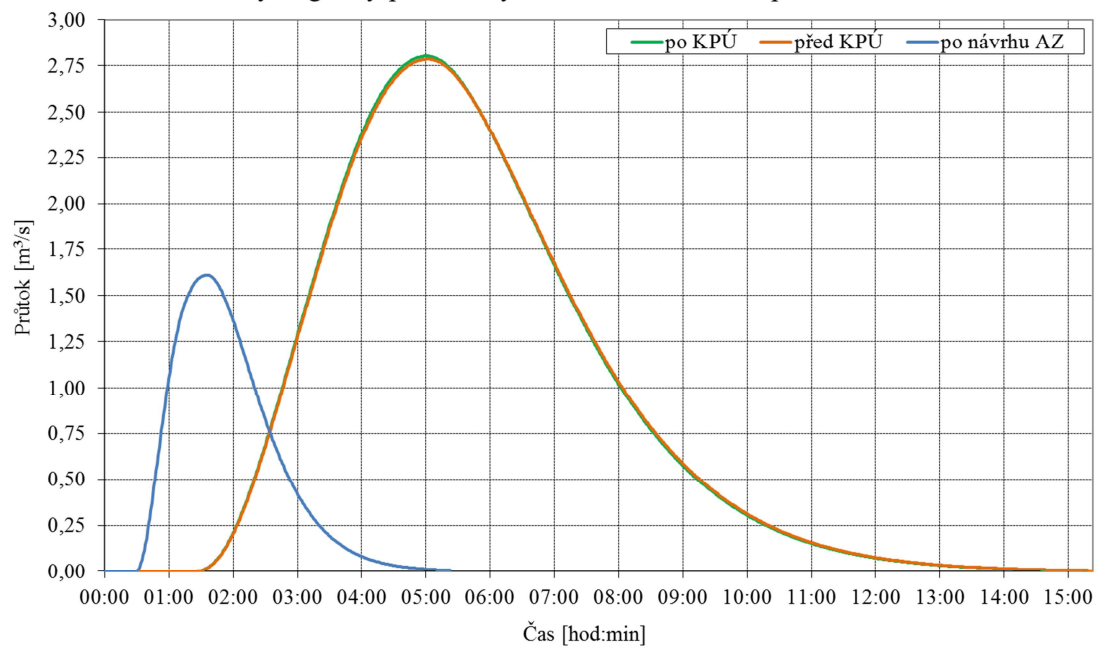
Hydrogramy povodňových vln v kritickém subpovodí 9



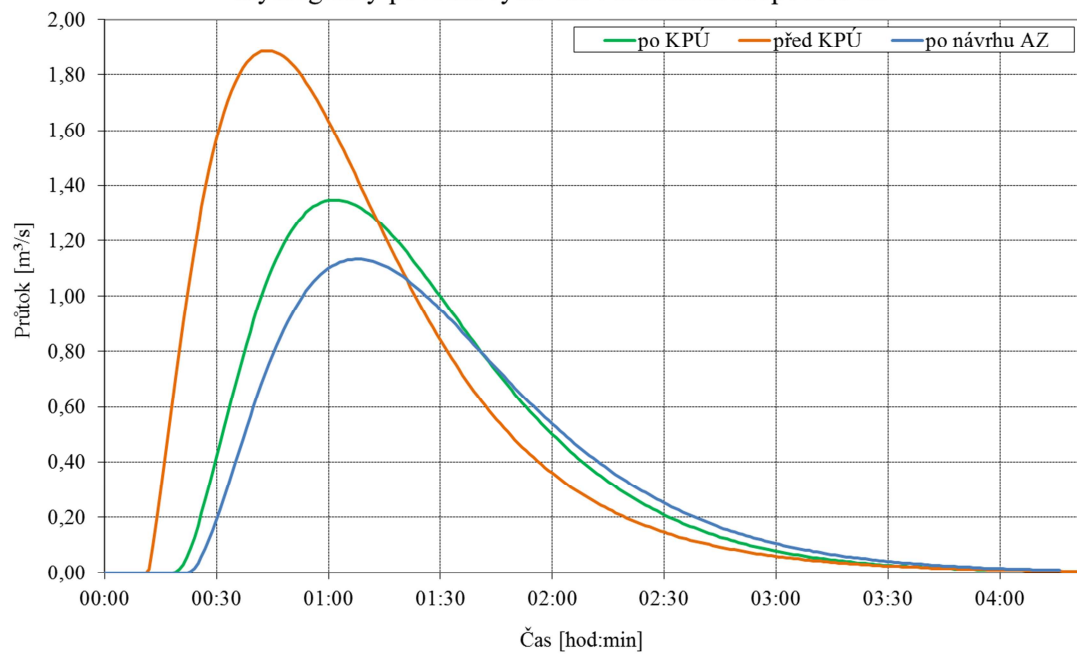
Hydrogramy povodňových vln v kritickém subpovodí 10

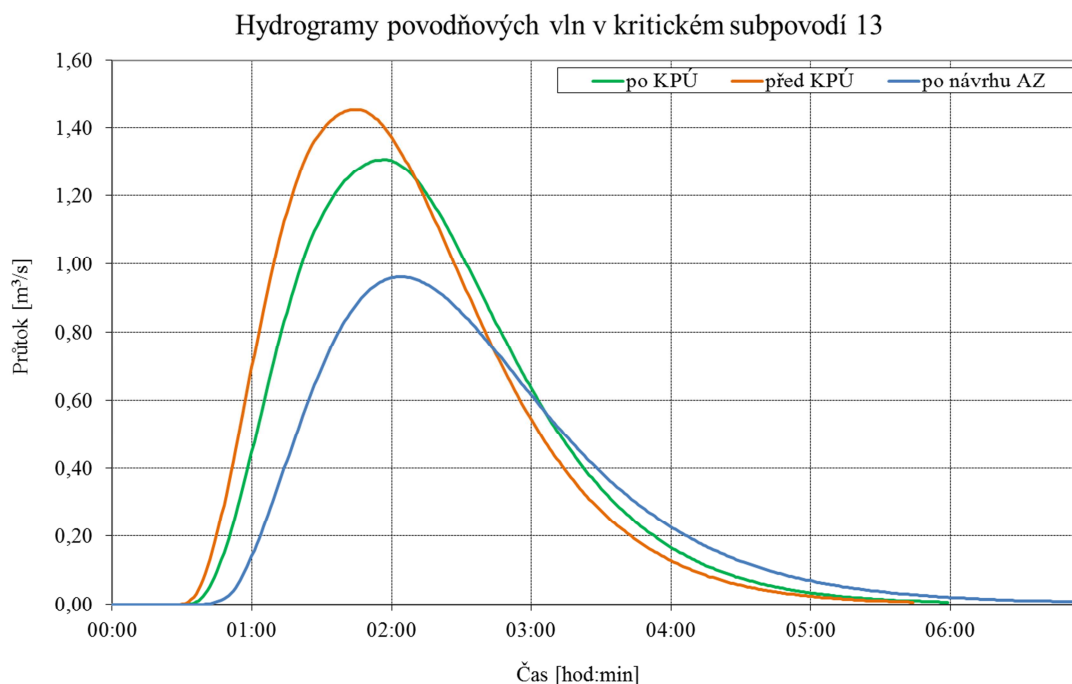


Hydrogramy povodňových vln v kritickém subpovodí 11



Hydrogramy povodňových vln v kritickém subpovodí 12





## 9 DISKUZE

V rámci plánu společných zařízení KPÚ nedošlo k návrhu protierozních opatření, která by dle metodiky [15] v dostatečné míře ochraňovala zemědělskou půdu. Nejvíce problémová z hlediska eroze zůstávají i po provedení KPÚ subpovodí kP2 a kP12. Subpovodí kP2 se nachází nad soustavou nádrží v blízkosti koupaliště. Jedná se především o levý svah subpovodí, který se nachází přímo nad nádržemi, jeho průměrný sklon je 15 % a erozní smyv zde místy dosahuje až  $100 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ . Stejně velkých hodnot ztráta půdy dosahuje i na subpovodí kP12, které se nachází na strmých svazích pod hranicí lesa. V rámci diplomové práce je snaha navrhnout protierozní opatření, která by vyhověla požadavkům aktuální metodiky [19]. V rámci původního návrhu je navržena řada suchých ochranných nádrží. Nový návrh kombinuje protierozní prvky s protipovodňovou ochranou a snižuje tak nároky na velikost hrází navržených nádrží. Protierozní prvky zachytí značnou část velkých vod. Jejich účinnost v podobě snížení povodňových průtoků můžeme vidět v Tab. 33.



SUBPOVODÍ								ÚDOLNICE	
Ozn	Sklon [%]	Plocha [km <sup>2</sup> ]	erozní smyv G [t/ha/rok] pro R = 40					Délka [km]	Sklon [%]
			před KPÚ (2004)	po KPÚ (2011)	AZ	IDEÁL	GAEC		
kP1	7	0,258	15,8	15,5	5,5	5,5	3,1	1,108	3,88
kP2	12	1,094	21,4	19,6	7,9	1,0	5,1	1,288	3,11
kP3	10	0,113	21,0	20,2	7,2	7,2	4,2	0,511	6,46
kP4	11	0,723	26,6	25,3	10,0	9,5	4,3	1,092	4,03
kP5	9	0,730	21,1	19,1	7,6	7,5	3,6	1,331	3,76
kP6	10	0,197	23,8	22,8	10,5	6,8	5,7	0,680	5,59
kP7	10	0,715	25,1	23,7	8,0	7,3	5,6	1,497	4,07
kP8	11	0,705	22,2	21,0	8,8	8,5	9,3	1,363	4,26
kP9	8	0,461	18,1	18,6	6,6	6,6	7,9	1,372	4,01
kP10	8	0,413	18,9	17,8	7,6	7,5	7,6	0,877	5,02
kP11	11	1,734	23,4	19,5	8,0	8,1	6,2	1,818	3,19
kP12	13	0,225	32,1	30,5	8,4	8,4	6,4	0,848	5,54
kP13	11	0,354	20,0	18,8	8,0	7,4	4,7	0,949	5,06

Tab. 32 Srovnání erozních poměrů před a po návrzích

SUBPOVODÍ									ÚDOLNICE	
OZN	sklon [%]	plocha [km <sup>2</sup> ]	Q <sub>max</sub> [m <sup>3</sup> /s]			W <sub>100</sub> [10 <sup>3</sup> .m <sup>3</sup> ]			délka [km]	sklon [%]
			před KPÚ	po KPÚ	po návrhu AZ	před KPÚ	po KPÚ	po návrhu AZ		
kP1	6,6	0,258	2,31	2,52	1,91	10	10	9	1,108	3,88
kP2	11,7	1,094	2,85	2,89	1,81	34	34	26	1,288	3,11
kP3	10,0	0,113	0,89	0,96	0,52	4	4	3	0,511	6,46
kP4	10,8	0,723	2,52	2,24	1,69	23	22	19	1,092	4,03
kP5	8,6	0,730	3,92	4,09	2,56	27	27	21	1,331	3,76
kP6	10,1	0,197	1,74	1,74	1,10	7	7	6	0,680	5,59
kP7	10,1	0,715	3,60	3,20	2,61	25	23	20	1,497	4,07
kP8	10,7	0,705	3,10	2,55	2,35	22	19	19	1,363	4,26
kP9	8,4	0,461	2,78	2,76	2,23	15	15	14	1,372	4,01
kP10	8,4	0,413	2,50	1,99	1,88	16	13	13	0,877	5,02
kP11	10,6	1,734	2,78	2,81	1,63	47	47	10	1,818	3,19
kP12	12,6	0,225	1,89	1,36	1,13	8	6	6	0,848	5,54
kP13	11,1	0,354	1,46	1,31	0,96	10	9	7	0,949	5,06

Tab. 33 Srovnání odtokových poměrů před a po návrzích

Profil 4 byl vyřešen v rámci PSZ KPÚ návrhem dvou poldrů N5 a N6. Tento návrh ochranných nádrží v obci Darkovice je neekonomický a po technické stránce nevyhovuje normám. Funkční objekty hrází postrádají základní bezpečnostní prvky. Projektant v technické zprávě deklaruje možný vznik poruch jak hrází, tak prvků, které mají odvádět vodu do kanalizace. Propustky na svodném příkopu jsou poddimenzovány a projektant je smířen s jejich případným přelitím. Nádrže jsou dimenzovány tak, že pojmu celý objem povodňové vlny bez potřeby odtoku během povodně. Podle průzkumu jsou uzávěry spodních výpustí permanentně uzavřeny. Nádrže tak mají zbytečně velké nároky na jejich potřebný retenční objem a vyžadují obsluhu při povodni. Návrh poldrů je neekonomický a nebezpečný. Proto nový návrh podává možnosti vhodnějších profilů k umístění hrází a v rámci možnosti udává způsob řešení hrází a funkčních objektů tak, aby byly bezpečné a trvale užitelné bez případných poruch. Původní návrh neřeší kritický profil 5. V místě zaústění údolnice subpovodí KP5 do intravilánu jsou nevhodně postaveny tenisové kurty.

#### *Realizované poldry – srovnání vypočtených a deklarovaných parametrů*

<b>POLDR p6 U Mareše</b>				
	Data deklarovaná TZ			Data vypočtená
<b>kulminační průtok</b>	$Q_{100} =$	1,15	$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q_{100} =$ 1,03 $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
<b>objem povodně</b>	$W_{100} =$	7,02	$10^3 \cdot \text{m}^3$	$W_{100} =$ 4,14 $10^3 \cdot \text{m}^3$
<b>retenční objem</b>	$V_r =$	7,20	$10^3 \cdot \text{m}^3$ navržený KPÚ	$V_r =$ 3,10 $10^3 \cdot \text{m}^3$ dle výpočtu dostačující
<b>kapacita přelivu</b>	$Q_{\text{kapP}} =$	1,15	$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q_{\text{kapP}} =$ 1,32 $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
<b>kapacita výpusti</b>	$Q_{\text{kapV}} =$	0,20	$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q_{\text{kapV}} =$ 0,21 $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
<b>objemový ukazatel</b>	$\mu = 3,4$			

<b>subpovodí KP4 POLDRY N5 a N6</b>				
	Data deklarovaná TZ			Data vypočtená
<b>kulminační průtok</b>	$Q_{100} =$	3,02	$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q_{100} =$ 2,29 $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
<b>objem povodně</b>	$W_{100} =$	neuvedeno	$10^3 \cdot \text{m}^3$	$W_{100} =$ 16,70 $10^3 \cdot \text{m}^3$
<b>retenční objem</b>	$V_r =$	26,00	$10^3 \cdot \text{m}^3$ navržený KPÚ	$V_r =$ 7,79 $10^3 \cdot \text{m}^3$ dle výpočtu dostačující
<b>kapacita přelivu</b>	$Q_{\text{kapP}} =$	2,87	$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q_{\text{kapP}} =$ 2,23 $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
<b>kapacita výpusti</b>	$Q_{\text{kapVN5}} =$	1,03	$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q_{\text{kapVN5}} =$ 1,11 $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
<b>objemový ukazatel</b>	$\mu_{\text{N5}} = 5,3$			
	$\mu_{\text{N6}} = 3,6$			

*Shrnutí parametrů poldrů navržených v rámci diplomové práce*

	POLDR PO4			POLDR PO5		
<b>kulminační průtok</b>	$Q_{100} =$	1,63	$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q_{100} =$	2,45	$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
<b>objem povodně</b>	$W_{100} =$	18,90	$10^3 \cdot \text{m}^3$	$W_{100} =$	20,60	$10^3 \cdot \text{m}^3$
<b>retenční objem</b>	$V_r =$	11,11	$10^3 \cdot \text{m}^3$	$V_r =$	17,79	$10^3 \cdot \text{m}^3$
<b>kapacita přelivu</b>	$Q_{\text{kapP}} =$	1,63	$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q_{\text{kapP}} =$	2,45	$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
<b>kapacita výpusti</b>	$Q_{\text{kapV}} =$	0,50	$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q_{\text{kapV}} =$	0,41	$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
<b>objemový ukazatel</b>	$\mu =$	4,50		$\mu =$	6,20	

	POLDR PO7			POLDR PO8		
<b>kulminační průtok</b>	$Q_{100} =$	2,51	$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q_{100} =$	2,23	$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
<b>objem povodně</b>	$W_{100} =$	19,50	$10^3 \cdot \text{m}^3$	$W_{100} =$	18,30	$10^3 \cdot \text{m}^3$
<b>retenční objem</b>	$V_r =$	16,30	$10^3 \cdot \text{m}^3$	$V_r =$	15,02	$10^3 \cdot \text{m}^3$
<b>kapacita přelivu</b>	$Q_{\text{kapP}} =$	2,51	$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q_{\text{kapP}} =$	2,23	$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
<b>kapacita výpusti</b>	$Q_{\text{kapV}} =$	0,48	$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q_{\text{kapV}} =$	0,46	$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
<b>objemový ukazatel</b>	$\mu =$	3,90		$\mu =$	4,60	

	POLDR PO11		
<b>kulminační průtok</b>	$Q_{100} =$	3,19	$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
<b>objem povodně</b>	$W_{100} =$	24,30	$10^3 \cdot \text{m}^3$
<b>retenční objem</b>	$V_r =$	20,91	$10^3 \cdot \text{m}^3$
<b>kapacita přelivu</b>	$Q_{\text{kapP}} =$	3,19	$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
<b>kapacita výpusti</b>	$Q_{\text{kapV}} =$	0,49	$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
<b>objemový ukazatel</b>	$\mu =$	5,60	

## 10 ZÁVĚR

Práce se zabývala posouzením protierozních a protipovodňových opatření navržených v rámci PSZ KPÚ Hať a Darkovice. Z výsledků této práce vyplynulo, že stávající vodohospodářská opatření mají technické nedostatky a jejich návrhy jsou neekonomické. Z dostupných informací nemůžeme s přesností určit, z jakých důvodů se projektant k těmto řešením uchýlil, nicméně častou překážkou realizace ideálních opatření může být nezájem vlastníků pozemků a hospodařících zemědělců o protierozní úpravy. V rámci diplomové práce byly vytyčeny jednotlivé kritické profily ohrožující intravilán a následně analyzovány odtokové a erozní poměry v závislosti na navržených opatřeních. Předloženy jsou variantní návrhy, které řeší problémová místa. Byla vyhodnocena účinnost všech opatření a na jejím základě byly jednotlivé návrhy srovnány z hlediska ohrožení erozního i povodňového. Současné využití území je nevhodné a protierozní opatření navržená v rámci PSZ byla zhodnocena jako nedostatečná. Otázkou zůstává, kde hledat příčinu nedostatků dosavadních návrhů. Nabízí se zde možnost k zamyšlení, jestli by například osvěta českých zemědělců nemohla vést k větší svobodě erudovaných projektantů v jejich návrzích. Je totiž nezbytné uvědomit si zbytečnou výši vkladů, které bude potřeba vynaložit, abychom napravili naše (někdy nevratné) nevhodné působení v krajině.

## Použité zdroje

1. <http://www.obechat.cz/>
2. <http://www.darkovice.cz/>
3. <http://geoportal.gov.cz/web/guest/home>
4. <http://mapy.cz/>
5. <http://www.geology.cz/app/ciselniky/lokalizace/>
6. [http://www.herber.kvalitne.cz/FG\\_CR/klima.html](http://www.herber.kvalitne.cz/FG_CR/klima.html)
7. <http://www.vetrani.com/images/stories/htech/rychlostvetru.gif>
8. <http://www.pod.cz/portal/isvs/jvp/cz/>
9. [http://cs.wikipedia.org/wiki/Geomorfologické\\_členění\\_Česka](http://cs.wikipedia.org/wiki/Geomorfologické_členění_Česka)
10. <http://eagri.cz/public/web/mze/>
11. DUMBROVSKÝ, Miroslav. *Pozemkové úpravy*. Brno: CERM, 2004.
12. Holý, Miloš. *Protierozní ochrana*. Praha: SNTL, 1978.
13. DUMBROVSKÝ, Miroslav. *Úprava odtokových poměrů v povodí*. Brno: 2007.
14. Šálek, Jan. *Rybníky a účelové nádrže*. Brno: VUTIUM, 2001.
15. JANEČEK, Miloslav a kol. *Ochrana zemědělské půdy před erozí*. Praha: VÚMOP, 2007.
16. DUMBROVSKÝ, Miroslav. *Geografické informační systémy*. Brno: 2009.
17. Hrádek, František. *Hydrologické podklady pro návrh protierozní ochrany při pozemkových úpravách*. Praha.
18. DOLEŽAL, GOLÍK, ŘÍHA, TORNER, ŽATECKÝ. *Malé vodní a suché nádrže*. Praha: ČKAIT, 2010.
19. Janeček, Miloslav a kol. *Ochrana zemědělské půdy před erozí*. Praha: 2012.
20. Jaroš, Martin. *Technická zpráva: Výstavba poldrů v katastru obce Hať*. 2002
21. Jaroslav, Beneš. *Technická zpráva: Poldry Darkovice*. 2002

## Seznam použitých zkratk

AGPEO ...	agrotechnická protierozní opatření
BPEJ ...	bonitovaná půdně ekologická jednotka
CN ...	curve number
DN ...	diametre nominal
DSO ...	dráha soustředěného odtoku
GAEC ...	good agricultural and environmental conditions
GIS ...	geografické informační systémy
HPJ ...	hlavní půdní jednotka
IPS ...	index předchozích srážek
KPÚ ...	komplexní pozemková úprava
KÚ ...	katastrální území
LPIS ...	registr produkčních bloků
MP ...	modelové povodí
MVN ...	malá vodní nádrž
MZe ...	Ministerstvo zemědělství
OSN ...	Organizace spojených národů
PB ...	půdní blok
PE ...	protierozní
PEO ...	protierozní ochrana
PSZ ...	plán společných zařízení
PÚ ...	pozemková úprava
TTP ...	trvalý travní porost
USLE ...	universal soil loss equation
VENP ...	vyřazení erozně nebezpečných plodin

## Seznam příloh

Příloha 1	Mapa subpovodí M 1:20 000
Příloha 2	Mapa návrhu AZ M 1:20 000
Příloha 3	Mapa optimálního návrhu M 1:20 000
Příloha 4	Mapa návrhu GAEC M 1:20 000
Příloha 5	Mapa současné erozní ohroženosti M 1:20 000
Příloha 6	Mapa erozní ohroženosti po návrhu AZ M 1:20 000
Příloha 7	Mapa erozní ohroženosti po optimálním návrhu M 1:20 000
Příloha 8	Mapa erozní ohroženosti po návrhu GAEC M 1:20 000
Příloha 9	Přehledná situace návrhu AZ M 1:10 000
Příloha 10	Přehledná situace optimálního návrhu M 1:10 000
Příloha 11	Přehledná situace PSZ KPÚ Hať a Darkovice M 1:10 000